КВАНТОВА ФІЗИКА ЖИВОГО ТА ЇЇ ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ | **QUANTUM PHYSICS OF THE ALIVE AND IT'S THEORETICAL BASIS.**

ДИСКУСІЯ | **DISCUSSION**

Физика живого, Т. 16, No1, 2008. С.5-22.



УДК 571.1

О РАЗВИТИИ НЕЛИНЕЙНО-КВАНТОВОЙ МАКРОФИЗИКИ И НЕЛИНЕЙНО-ВОЛНОВОЙ МОДЕЛИ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ» ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ (О ПРИРОДЕ КИТАЙСКИХ МЕРИДИАНОВ)

Корниенко Н.Е.

Киевский национальный университет им.Тараса Шевченко, физический факультет, e-mail: nikkorn@univ.kiev.ua

Надійшла до редакції 23.05.2008

Нелинейно-квантовая макрофизика (НКМФ) базируется на большом объеме спектральных и термодинамических данных и объединяет нелинейную электродинамику и квантовую механику. В ней органически переплетаются квантовые и классические закономерности и она применима для изучения жидкостей и биологических объектов. Основные свойства системы энергетических каналов живых организмов анализируются на основе закономерностей нелинейного резонансного взаимодействия волновых возбуждений и основных положений НКМФ, которые являются обобщением начал термодинамики. Нелинейно-волновая модель китайских меридианов основана на волновом просветлении среды для согласованных с веществом суперпозиций волн разных частот, взаимной резонансной фокусировке волн с формированием каоксиальных полевых каналов и системы узких нелинейных квазирезонансов. Дается объяснение многих наблюдаемых свойств энергетических каналов живых организмов.

Ключевые слова: нелинейное резонансное взаимодействие волн, нелинейно-квантовая макрофизика, энергетические каналы (китайские меридианы), волновое просветление вещества, взаимофокусировка волн.

Кто назовет вещи своими именами,
тот построит Вселенную.
Конфуций

Настоящая работа посвящена рассмотрению биологического феномена «энергетических каналов» живых организмов, известных так же как «китайские меридианы», с точки зрения нелинейно-квантовой макрофизики, объединяющей нелинейную электродинамику и квантовую механику. Нелинейно-квантовая макрофизика (НКМФ) является новой общей наукой, приходящей на смену феноменологической термодинамике, которая длительное время была единой общей концепцией, применимой в различных науках. НКМФ в значительной степени основывается на современных спектральных данных, содержащих наиболее детальную информацию о квантовых состояниях среды, и перенесении идей квантовой электроники и нелинейной оптики в физику конденсированной среды. Оказалось, что в квантовой физике сложных систем важнейшую роль играет нелинейное взаимодействие элементарных возбуждений, что вносит существенно новые моменты в концептуальные основы современной науки.

В синергетике, которая с успехом использовалась в биофизике, была реализована попытка учесть нелинейность на базе устаревшей термодинамической идеологии. При этом дополнительно была изучена конструктивная роль нелинейности и открытости систем для возникновения самоорганизованных устойчивых структур вдали от теплового равновесия. Однако в синергетике, несмотря на ее объединяющее значение, не используются обширные спектроскопические данные, которые отражают квантовые свойства веществ, и мало внимания уделяется изучению новых квантовых закономерностей распределенных

конденсированных сред. Кроме того в синергетике не решалась на фундаментальном уровне проблема структурно-динамических свойств воды, которая очень важна для биологии. Проблемы активации водных сред и физического обоснования гомеопатии давно стоят перед естествознанием. Этим и вызвана необходимость развития более последовательной общей концепции, в которой на основе общенаучных принципов возможно рассмотрение как воды, так и системы китайских меридианов живых организмов.

Многие проблемы в современной биофизике, которые тормозят ее развитие, в значительной степени связаны, с одной стороны, со слабой изученностью жидкого состояния вещества и закономерностей нелинейного взаимодействия волн, а с другой, - существующей дифференциацией естественных наук и недостаточной ролью нелинейной физики в системе образования, где доминируют линейные методы. Большинство считает существование жидкостей само собой разумеющимся, а В.Вайскопф придерживается мнения, что «никакой физик не мог бы предсказать существование жидкого состояния на основании наших современных знаний атомных свойств» (1977 г). Дифференциация науки с использованием различных методов исследования и анализа обусловлена объективным существованием разных уровней сложности в природе живого и неживого и является исторически необходимой. Однако чрезвычайная дифференциация науки, в том числе физики и биологии, приводит к тому, что теряются связи между разными направлениями даже в рамках самих наук, что неизбежно ведет к отрыву от реальности и создает простор для различного рода необоснованных спекуляций.

Все больше осознается несводимость биологии к физике, химии и математике, что подчеркивал, в частности, Дж. Бернал. Длительное время в представлениях о живых объектах доминировала химическая парадигма. Однако химические силы не могут обеспечить быстрое согласование процессов во всем макроскопическом, пространственно распределенном организме, то есть обеспечить его целостность. Нельзя преувеличивать и возможности математического описания, так как его использование в физике связано, прежде всего, с простотой рассматриваемых систем (планетарные системы, атомы и молекулы). Однако для сложных биологических систем адекватные методы исследования еще не выработаны. Многие математические методы направлены не на объяснение сути явлений, а просто формально описывают ситуацию с помощью соответствующим образом подогнанных параметров. Такой подход служит более иллюзорной философии «хорошего согласования теории с экспериментом» и не обогащает наших знаний, и тем более не способствует выработке последовательных научных подходов к анализу сложных многочастичных систем.

Не все согласовано и в самой физике. Р.Фейнман пишет, что «физика еще не превратилась в единую конструкцию, где каждая часть на своем месте» [1]. Не решена и проблема перехода от математики к развитию адекватных физических представлений. Ведь целью является - не число, а понимание. Второе начало термодинамики многие считают одним из основных законов во вселенной, а Смолуховский еще в 1914 г. писал, что в связи с развитием атомистики «...второе начало термодинамики раз и навсегда потеряло свое значение как непоколебимая догма, как один из основных принципов физики.» [2]. Поэтому Р.Пенроуз классическую термодинамику не считает в полном смысле физической теорией [3]. Реалистическую позицию занимают авторы монографии [4], посвященной в значительной мере изучению корреляций различных физических характеристик жидкостей. Они пишут: «Смотрите в лицо фактам: вы не можете получить что-то из ничего. Не ожидайте чудес от термодинамики. Опасайтесь статистики - последнего прибежища плохого физика». Это накладывает серьезные ограничения и на применимость традиционной синергетики. Поэтому речь должна идти не о перенесении физических идей и математического аппарата в более сложные науки, в частности, в биологию, а о дальнейшем развитии физики и химии в применении к сложным многочастичным системам (в том числе живым). Одним из возможных путей развития является создание нелинейно-квантовой макрофизики и демонстрация ее применимости в биофизике, что и рассматривается в данной работе.

Представления о специфических каналах (китайских меридианах), объединяющих множество биологически активных точек (БАТ) или точек акупунктуры, в которых циркулирует определенный вид энергии (ци, чи, прана, жизненная сила), возникло в восточной медицине и широко используется в медицинской практике. Методы иглоукалывания и прижигания применялись в народной медицине Китая еще в глубокой древности для лечения не только людей, но и животных. Здесь еще в 1026 г. был издан атлас 600 известных на тот период БАТ [5]. Механизм действия рефлексотерапии окончательно не выяснен, но эффект очевиден и подтверждается положительным лечебным опытом в том числе с использованием микроволнового резонансного излучения [6-8]. Поэтому научный анализ природы китайских меридианов является актуальным.

Основой нелинейно-квантовой макрофизики есть доказательство коллективной (волновой) природы возбуждений в неупорядоченных конденсированных средах и результаты исследований общих закономерностей нелинейных резонансных многоволновых взаимодействий, что излагается в

начальных разделах настоящей статьи. Ранее в эпизодически рассматриваемых явлениях квантовой макрофизики, например, сверхпроводимости и сверхтекучести [9], каждый раз находили частные пути решения задач без разработки общего подхода. В. Гейзенберг писал: «...Поскольку нелинейность занимает столь важное место в природе, возможно, что даже такую линейную по своей сути теорию, как квантовая теория, придется заменить на нелинейную» [10]. В НКМФ реализована программа включения волновых нелинейностей в фундаментальные теории. На основе развития последовательного микроскопического подхода возможно рассмотрение с единых идейных позиций жидкостей, твердых тел и биологических объектов. Только на этой базе возможно корректное рассмотрение проблемы китайских меридианов живых организмов [5-7,11,12], чему посвящена заключительная часть статьи.

В основу предлагаемой концепция энергетических каналов живых организмов положено волновое просветление вещества для определенных наборов волн различных частот, согласованных с квантовыми состояниями среды. Это позволяет объяснить использование в рефлексотерапии как микроволнового, так светового, механического или термического воздействия. Существенно, что развиваемый подход позволяет понять дистанционность действия микроволнового излучения, сильно поглощаемого в тканях с большим содержанием воды, возможность изменения поперечного сечения энергетических каналов и связанных с ними диаметров биологически активных областей (точек акупунктуры), а также необходимость индивидуальной настройки микроволновых резонансов и др. Предварительные результаты, полученные по данной проблеме, обсуждались на конференциях [11,12]. Есть надежда, что в рамках развиваемых новых представлений многие неожиданные свойства как системы китайских меридианов так и других природных феноменов будут более понятными и естественными.

1. О роли коллективных возбуждений жидких сред

В ходе своих исследований я обнаружил путь к истине.
С.Ганеман (1810 г.)

В наше время первостепенное значение приобретает согласование научных представлений, выработанных в различных конкретных естественных науках, в первую очередь в физике, химии, биологии, медицине и др. Особое место в познания природы, по нашему мнению, принадлежит спектральным методам. Прежде всего это связано с тем, что они дают наиболее детальную информацию о квантовых состояниях вещества. Поэтому спектроскопия по сути является связующим звеном между нашим макроскопическим восприятием мира и его микроскопической сущностью. В отличие от спектроскопии изолированных атомов и молекул, для жидкого состояния вещества кроме частотного положения спектральных полос важное значение имеет детальное изучение их наблюдаемой формы, а также изучение частотно-углового распределения излучения, что позволяет получать новую информацию о свойствах конденсированных сред.

В частности, изучение аномальных спектральных уширений при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) света в ряде жидкостей [13-20], а также наблюдение методами колебательной спектроскопии продольно-поперечного (LO-TO) расщепления колебательных полос [21-24], позволило обнаружить коллективные свойства колебательных мод в жидком состоянии вещества. По нашему мнению, спектроскопия может быть той основой, на которой в значительной степени будет осуществляться объединение естественных наук и их развитие. По нашему убеждению спектральные изображения сложных объектов [25-28] и их точные количественные характеристики могут быть промежуточными звеньями между биологическими объектами и их математическим описанием.

Для пространственно распределенных систем важнейшую роль должны играть коллективные свойства колебательных и электронных возбуждений. Коллективные свойства колебательных мод для ряда органических жидкостей (бензол, толуол, пиридин, о- и м-ксилол, бромоформ и др.) были установлены при ВКР [13-20], а также гиперкомбинационном рассеянии в жидком CCl_4 [29,30]. При этом для всех возбуждений жидкостей (кроме низкочастотных) установлено наличие такой характеристики как волновой вектор, что доказывает их волновую природу. Методами колебательной спектроскопии (КР света и ИК поглощения) на примере хлороформа, сероуглерода и воды показано существование коллективных свойств при отсутствии интенсивного лазерного излучения [21-24], которое может оказывать упорядочивающее воздействие на среду. В частности, в обычной и тяжелой воде были зарегистрированы оптические и акустические решеточные моды [22,23]. В жидком CS_2 при отсутствии следов межмолекулярных колебаний в низкочастотной области, обнаружены акустические и либрационные решеточные моды в высокочастотных полосах поглощения составных тонов [24]. В связи с этими важными свойствами жидкого состояния вещества, которые не были известны ранее, необходимо пересмотреть большинство работ, посвященных исследованию жидкостей и растворов, и учитывать их в биофизике и физике живого.

В результате волнового характера колебатель-

ных возбуждений в жидкостях для них становятся актуальными нелинейные резонансные взаимодействия. Это связано с тем, что для нелинейных волновых процессов в отличие от локальных нелинейностей есть пространственное накопление эффектов в условиях согласования фазовых скоростей волн (фазовый синхронизм (ФС)). Потому даже слабая нелинейность может приводить к существенным эффектам. Это открывает новые возможности в понимании и описании богатого разнообразия явлений реального мира, в том числе в живых системах. Классическим примером такого нелинейного эффекта могут быть солитоны на поверхности воды, наблюдаемые Дж. Расселом при движении баржи еще в 1844 г. [34]. Нами обнаружен новый класс нелинейно-квантовых явлений, которые не имеют линейных классических аналогов. В частности, к таким нелинейно-квантовым явлениям относится плавление, кипение, растворение, химические реакции, электропроводность растворов электролитов и частично даже распространение звука в воде [35-41], адекватное рассмотрение которых возможно только в нелинейно-квантовой макрофизике. Для сложных систем нелинейность оказалась не менее важной чем квантовость.

2. Закономерности нелинейного резонансного взаимодействия волн

Для пространственно распределенных систем, включая неоднородные, какими являются и живые организмы, важнейшую роль играет кооперативность и пространственное накопление нелинейных взаимодействий. В последние десятилетия нелинейные волновые процессы в большинстве случаев изучались в лазерной физике и квантовой электронике [42-58]. Сначала в нелинейной оптике в основном изучались различные способы перестройки частоты лазерного излучения, однако оказалось, что рассматриваемая проблема имеет более общее значение. Нами показано, что основополагающие свойства конденсированного состояния вещества и в первую очередь жидкостей и растворов неразрывно связаны с нелинейными волновыми процессами. Это обусловлено тем, что в физике конденсированных сред органически переплетаются закономерности квантовой механики и нелинейной электродинамики, что находилось в русле объединения наук.

Резонансный характер нелинейных волновых взаимодействий приводит к резкому повышению нелинейных восприимчивостей, что позволяет наблюдать высокие эффективности преобразования частоты при умеренных и слабых интенсивностях возбуждающих волн. В связи с тем, что каждый резонанс увеличивает нелинейную восприимчивость в 10^2-10^5 раз, при максимальной резонансности многоволновых взаимодействий они играют ключевую роль даже при взаимодействии непрерывного излучения газовых лазеров [59]. Как показывает детальный анализ явлений плавления, растворения и кипения [35,36,39,40], возбуждение высших колебательных состояний при нелинейном взаимодействии термически возбужденных колебательных мод очень эффективно даже при низких или комнатных температурах. Развитая наноструктура дефектных и пористых сред, а также биологических объектов и их сложное химическое строение усиливают роль нелинейности.

В цикле наших работ по резонансным нелинейным взаимодействиям волн использовались наиболее надежные фундаментальные теоретические подходы. Связанные электромагнитные волны описывались уравнениями Максвелла, а материальные среды – уравнениями для диагональных и недиагональных элементов матрицы плотности. При решении уравнений для матрицы плотности находились нелинейные поляризации, используемые в уравнениях Максвелла для волн различных частот, а также населенности резонансных состояний. При этом последовательно учитывались эффекты насыщения и зависимости нелинейных восприимчивостей от разности населенностей резонансных уровней, а следовательно, и амплитуд всех взаимодействующих полей, что позволяет корректно описывать эффекты просветления среды для определенных суперпозиций волн разных частот. В зависимости от постановки задачи (генерация гармоник, суммарных или разностных частот, многократное вынужденное рассеяние света и др.) получались различные системы связанных нелинейных уравнений, которые решались аналитически или численно [43-58,60,61].

При резонансных нелинейных волновых взаимодействиях могут изменяться и свойства среды. В частности, индуцированное изменение дисперсии в резонансной области может приводить к облегчению выполнения условий пространственного синхронизма. Например, нелинейная волновая расстройка при отклонении от точного частотного резонанса может компенсировать линейную волновую расстройку (нелинейный фазовый квазисинхронизм) [48]. В этих условиях максимум эффективности нелинейного преобразования частоты наблюдается при отклонении от точного частотного резонанса и ФС [60,61].

Становление нелинейно-квантовой макрофизики (НКМФ) имеет более длинную и богатую историю по сравнению с квантовой механикой, а также значение для правильного понимания явлений реального макромира и объединения естественных наук. Квантовая механика в основном была создана сравнительно небольшим количеством известных теперь ученых за короткий промежуток времени. Развитие квантовой электроники и нелинейной

оптики, приведших к развитию НКМФ, происходило на протяжении значительного промежутка времени с участием больших творческих коллективов во многих странах при объединении экспериментальных и теоретических методов исследования (в том числе с использованием квантовой теории). С совокупностью разнообразных резонансных многоволновых процессов связано взаимодействие интенсивного лазерного излучения с материальными средами, а также релаксация возбужденных энергетических состояний. Один из пионеров развития нелинейной оптики Р.В. Хохлов писал: “Специфический вид нелинейной поляризации, связанный с резонансными средами, приводит к столь резкому отличию в поведении взаимодействующих волн по сравнению с нерезонансными случаями, что возможно, имело бы смысл введение нового раздела электродинамики…[43]».

При многофотонном резонансном взаимодействии излучения с веществом нами обнаружен ряд новых явлений. Рассмотрим их хотя бы кратко в связи с тем, что они имеют значение для развития нелинейно-квантовой физики и раскрытия природы китайских меридианов.

1) Явление волнового просветления среды для когерентной суперпозиции волн разных частот с определенными соотношениями амплитуд и фаз волн [44,46-52,54,55,57,58].

2) Явление нелинейного квазисинхронизма с учетом индуцированной дисперсии среды в резонансной области [48,60,61].

3) Резонансная нелинейная взаимная фокусировка и дефокусировка волн [65].

4) Многоволновые связанные солитоны взаимодействующих электромагнитных и поляритонных волн, поляризации среды и заселенностей резонансных состояний [66,67].

5) Концентрация энергии при нелинейном взаимодействии волн из многих непрерывных или дискретных спектральных составляющих на одной частоте [51,68,69] и неравновесное возбуждение высших колебательных состояний [15,19];

6) Возникновение квазиэквидистантной линейчатой структуры излучения при нелинейном взаимодействии волн в условиях сильной частотной зависимости волновой расстройки [53,70,71].

Хотя эти явления достаточно детально изложены во многих научных работах, целесообразно дать некоторые разъяснения.

К п.1. Особое значение для развития физических представлений о энергетических каналах живых организмов имеют когерентные суперпозиции волн, амплитуды и фазы которых согласованы с протекающими процессами их взаимодействия и характеристиками резонансных состояний, что приводит к волновому просветлению (ВП) среды. При этом резонансное поглощение волн, их нелинейное взаимодействие и изменение населенностей уровней прекращается и установившаяся комбинация волн фактически свободно распространяется в среде. При нарушении данной когерентной суперпозиции, например, при изменении параметров хотя бы одной из волн, поглощение волн восстанавливается.

Данная концепция есть дальнейшим развитием представлений от колебаниях и волнах. При наличии резонансных нелинейностей отдельные волны могут быть неустойчивыми, а стабильными образованиями есть когерентные суперпозиции волн различных частот, связанных с квантовыми состояниями среды. Рассматриваемое явление существенно отличается от известных аналогичных явлений, которые наблюдаются при высоких интенсивностях лазерного излучения (насыщения поглощения), а также для когерентного взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с веществом (самоиндуцированная прозрачность). Известно, что самоиндуцированная прозрачность наблюдается для пикосекундных лазерных импульсов ($\tau \ll T_2$, где T_2 – время релаксации поляризации вещества), а обсуждаемое явление ВП может устанавливаться для импульсов большей длительности и даже в непрерывном режиме. В отличие от насыщения поглощения, которое возможно и для некогерентного излучения, ВП устанавливается только при когерентном взаимодействии многоволнового излучения с квантовой средой. При этом необходимо одновременное выполнение хотя бы двух резонансных условий для квантовых переходов между двумя резонансными уровнями 1 и 2, например, одно- и двухфотонных переходов. В результате интерференции амплитуд отдельных резонансных процессов итоговая вероятность вынужденного перехода $1 \rightarrow 2$ будет содержать перекрестный член, зависящий от соотношений амплитуд и фаз между отдельными волнами. При равенстве модулей амплитуд, например, одно- и двухфотонных процессов и различии их знаков суммарная амплитуда обращается в нуль, что и определяет явление волнового просветления.

Как показало детальное исследование различных процессов резонансного нелинейного взаимодействия волн (генерации гармоник, суммарных и разностных частот, вынужденных рассеяний света, а также комбинаций многих процессов) при резонансах различных типов в результате захвата фаз волн и изменений их амплитуд при взаимной перекачке энергии в протяженной среде всегда устанавливается ВП. Это своеобразное динамическое равновесие излучений со средой устанавливается монотонно или путем осцилляций, а населенности резонансных состояний возвращаются к исходным значениям при отсутствии волн. Для реализации многоволнового просветления в поглощающей среде важен переход от

интерференции волн к интерференции процессов, что соответствует суммированию нескольких членов в гамильтониане, описывающем взаимодействие излучений с резонансной средой. Экспериментальное наблюдение волнового просветления среды в условиях четырехволновых параметрических процессов осуществлено в работах [72,73]. Вероятно, еще более ярким проявлением волнового просветления среды является функционирование системы «китайских меридианов» в живых организмах.

К п.2. Явление нелинейного квазисинхронизма очень важно для пространственного накопления нелинейного взаимодействия относительно слабых волновых возбуждений. Причем в среде устанавливаются такие частоты волн, при которых расстройки от резонансов обеспечивают накопление нелинейных эффектов и максимальное просветление. С этим и связана возможность индивидуальной подстройки частоты при микроволновой резонансной терапии. При значительной частотной расстройке от резонанса нелинейный квазисинхронизм переходит в широкоизвестный ФС.

К п.3. Резонансная взаимофокусировка волн существенно сильнее известного явления самофокусировки лазерных пучков, что связано со значительным возрастанием нелинейных добавок к показателям преломления в резонансных условиях. Поэтому это явление может наблюдаться при существенно меньших интенсивностях. Взаимофокусировка волн может реализоваться в однородной среде, а поперечная структура полей на разных частотах может иметь отличающуюся трубчатую структуру. При изменении знака частотной расстройки от резонанса фокусировка волн сменяется их дефокусировкой, что может объяснить существование негативных резонансов в микроволновой резонансной терапии. В результате математической сложности решения систем связанных нелинейных параболических уравнений резонансная взаимофокусировка волн проанализирована нами на примере вынужденного рассеяния света с учетом лазерной и стоксовой волн [19,65].

К п.4. Волновое просветление при импульсном возбуждении трансформируется в многоволновые связанные солитоны, которые распространяются по среде как единое целое с меньшей скоростью по сравнению с фазовыми скоростями электромагнитных или поляритонных волн, что связано с учетом волн поляризации и населенностей резонансных состояний.

К.п.5. Явление концентрации энергии (КЭ) противоположно диссипации энергии и ее равнораспределению по многим степеням свободы, что постулируется в статистической физике и свойственно линейным процессам. Кинематика явления КЭ часто связана с реализацией кратных некритичных по частоте и углам фазовых синхронизмов (объединение векторного группового и касательного синхронизмов) [74,75]. Более интересно проявление КЭ в результате динамики нелинейного взаимодействия волн. Теоретически показана КЭ многих спектральных компонент ВКР и накачки в одной стоксовой компоненте высокого порядка [51], что согласуется с результатами экспериментального исследования ВКР в жидком азоте [76]. С КЭ связаны явления плавления и кипения [35,36]. Развиваемая концепция КЭ дополняет и расширяет второе начало термодинамики так как разупорядочение среды является обратной стороной КЭ.

К п.6. В природе часто наблюдаются достаточно узкие частотные резонансы. Например, в случае ВКР в жидком азоте и кальците вблизи порога генерации ширины линий рассеянного излучения меньше чем у возбуждающего лазерного излучения, а при повышении мощности накачки возникает тонкая линейчатая структура стоксовоых и антистоксовых компонент [53, 70,71]. Нами развита общая концепция возникновения системы узких квазирезонансов при нелинейных параметрических процессах в условиях сильной частотной дисперсии вблизи колебательных резонансов [53]. Линейчатая структура спектров антистоксового излучения при ВКР в органических жидкостях может использоваться для измерения длины фокальной области автофокусировки лазерного излучения [77].

3. Основные положения нелинейно-квантовой макрофизики

Физика была бы скучна,
а жизнь совершенно невозможна,
если бы все физические явления
вокруг нас были линейными.
К счастью, мы живем нелинейном мире,
и если линеаризация украшает физику,
то нелинейность делает ее
захватывающей.
И.Р.Шен [42].

Установление основных закономерностей нелинейного резонансного взаимодействия волн было началом развития нелинейно-квантовой макрофизики (НКМФ). Она возникла при слиянии ряда научных направлений, которые органически дополняли друг друга. Полученные здесь результаты изложены в нескольких циклах наших публикаций:

1) Спектральные исследования коллективных свойств жидкостей [21-24,31-33,78];

2) Теоретическое исследование основных закономерностей резонансных нелинейных взаимодействий волн на примере газообразных сред с резкими резонансными уровнями, в частности, в парах металлов [44-52,57,58,60,61];

3) Экспериментальное и теоретическое исследование нелинейных резонансных процессов в

жидкостях и кристаллах, включая многокомпонентное вынужденное рассеяние света [13-20,54-56,79];

4) Изучение роли коллективных колебательных мод жидкостей в процессах теплопроводности, распространения звука, растворения и электропроводности водных растворов электролитов [37-41];

5) Нелинейно-квантовая природа процессов плавления, кипения и родственных явлений с концентрацией энергии [35,36,39,64,69,80];

6) Спектральные исследования нано- и биологических объектов, в том числе на основе развитых методов спектроскопии ИК изображений, различных состояний воды и индуцированных электронных полос [26-28, 31-33,62,63,81,82].

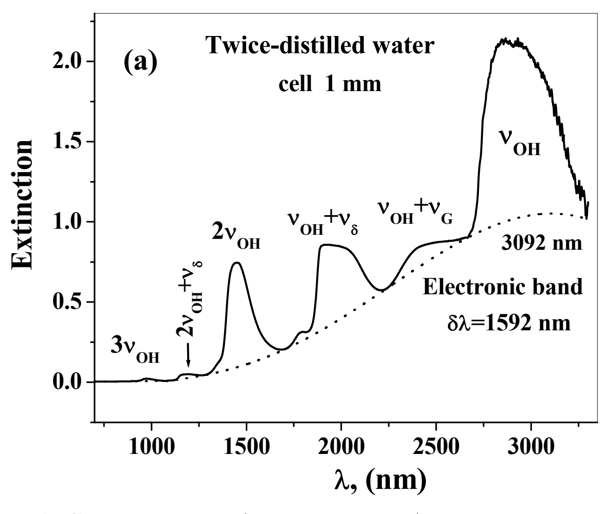
Роль многоволновых резонансных нелинейных взаимодействий в спектроскопии и физике конденсированной среды рассматривалась в нашей работе [83]. В частности, эти процессы важны как в нелинейной лазерной спектроскопии, та и в обычной колебательной спектроскопии в спектральных полосах второго и более высокого порядков, где могут проявляться также некритичные по частоте групповые синхронизмы [84]. Поворотным пунктом в становлении НКМФ было установление тесной взаимосвязи нелинейных резонансных волновых процессов с фундаментальными свойствами конденсированного состояния вещества [85], в частности с установлением нелинейно-волновой природы процессов плавления, кипения и растворения [35,36,39]. После этого начался этап осмысления нелинейной сущности большинства явлений в природе. В отличие от квантовой макрофизики, которая рассматривает такие редкие явления как сверхпроводимость и сверхтекучесть [9], а также фононные механизмы теплопроводности и лазерную генерацию, нелинейно-квантовая макрофизика рассматривает существенно более широкий круг явлений. К этим явлениям относятся структурообразование и фазовые превращения веществ, диффузия атомов и флуктуационные явления в конденсированном состоянии, химические реакции, участие высоковозбужденных состояний воды в процессах фотосинтеза, а также само существование живого, что будет показано на примере системы «китайских меридианов». Начавшаяся в последние годы нанотехнологическая революция в значительной степени связана с ростом нелинейности для нанообъектов, с чем в большинстве случаев и связаны их необычные свойства.

Нелинейное резонансное взаимодействие термично возбужденных колебательных мод неизбежно приводит к неравновесному заселению высших колебательных состояний, которые приближаются к электронным состояниям, что усиливает колебательно-электронное взаимодействие. Ранее рассматривалось влияние электрон-фононного взаимодействия на электроны проводимости. В отличие от этого мы рассматриваем влияние более сильных фонон-электронных процессов на электроны, принимающие участие в образовании химических связей. В результате этого существуют различные квантовые состояния объемной дистиллированной воды, в частности, при действии слабых магнитных или коротковолновых электромагнитных, ультразвуковых или световых полей, а также термических или механических возмущений. Это проявляется в различии колебательных и электронных состояний разных модификаций воды. В частности, различные состояния воды обнаружены в листьях растений [26,27], фруктовых и овощных соках [31-33], а также в дисперсных и пористых силикатных средах, пористом кремнии [62,63]. В предельном случае сильное колебательно-электроное взаимодействие приводит к нарушению адиабатического приближения и возникновению дополнительных электронных состояний в запрещенной зоне диэлектриков [63,64].

Важным экспериментальным подтверждением предложенной нелинейно-квантовой концепции есть наблюдение индуцированных электронных полос поглощения объемной и капиллярной воды, что иллюстрируется соответственно рис.1a,b. Здесь приведены спектры ИК поглощения двух образцов воды в области обертонов валентной моды $n\nu_{OH}$ и суммарных тонов $(n\text{-}1)\nu_{OH}+\nu_{\delta}$ с участием деформационной моды ν_{δ}. На рис.1a показан спектр поглощения бидистиллята с повышенной степенью очистки, а на рис.1b - спектр просочившейся капиллярной воды в промытом естественном кварцевом песке с размером зерен 0,5-1 мм. Для объемной воды использовалась разборная стеклянная кювета толщиной 1 мм, а капиллярная воды изучалась в стандартной кварцевой кювете с песком толщиной 2 мм. Для капиллярной воды в результате многократного рассеяния света в неоднородной среде наблюдался повышенный широкополосный фон экстинкции. В обеих случаях наблюдаются широкие электронные полосы, которые хорошо аппроксимируются гауссовыми функциями. На рис.1a максимум новой электронной полосы находится в области валентной полосы ν_{OH}, что может указывать на колебательно-индуцированную природу низкоэнергетических электронных состояний. А для капиллярной воды максимум электронной полосы находится в области суммарного тона $\nu_{OH}+\nu_{G}$ с участием низкочастотной решеточной моды ν_{G} системы водородных связей. Последнее указывает на эффективность составных решеточных мод в индуцировании изменений электронных состояний. Иногда новые широкие полосы поглощения воды возникают в высокочастотной области спектра ~320 нм, где колебательные полосы практически не наблюдаются, что подтверждает их электронную природу. Следовательно, в отличие от очень сильных электронных полос диэлектриков в ультрафиолетовой области спектра, новые слабые полосы электронного поглощения возникают в запрещенной зоне и часто

наблюдаются совместно с колебательными состояниями.

Электронная природа наблюдаемых изменений подтверждается также сильным ослаблением полос воды ν_{OH} и $\nu_{OH}+\nu_{\delta}$ по сравнению с табличными значениями и заметным усилением поглощения для полос 3-го порядка $2\nu_{OH}+\nu_{\delta}$ и $3\nu_{OH}$, а также усилением крыла в области 200-900 нм возбужденных электронных состояний. Аналогичные широкие полосы электронного поглощения наблюдались нами в плавленном и монокристаллическом кварце [63,64,86], модифицированных состояниях воды при внешних физических воздействиях и биологических объектах. Особенно важны резонансные нелинейные волновые процессы и сильная фонон-электронная динамика в области фазовых переходов (полиморфные преобразования структуры твердых тел, плавление) [35,36], которые характеризуются сильным изменением основного электронного состояния и химических связей.



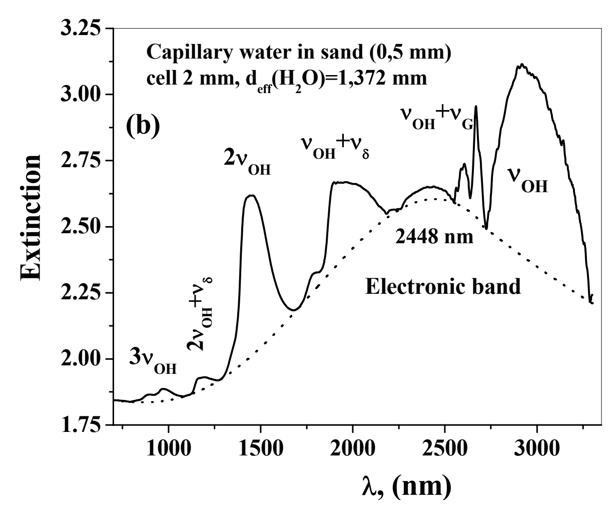


Рис.1. Совместное наблюдение колебательных полос и возникающей широкой полосы электронного поглощения для бидистиллята (кювета 1 мм) (а) и капиллярной воды в слое естественного песка толщиной 2 мм (размер зерен 0,5 -1 мм, эффективная толщина воды 1,37 мм) (b).

В заключение этого раздела конспективно изложим основные положения нелинейно-квантовой макрофизики.

1) В конденсированном состоянии вещества вместо рассмотрения поведения отдельных атомов или молекул следует учитывать их кооперативное поведение, которое определяется коллективными колебательными модами [13-24,29-33] и электронными состояниями, что особенно важно для жидкого состояния и биологических объектов. Вместо взаимодействия атомов следует рассматривать взаимодействие коллективных возбуждений. Таким образом мы естественно переходим от анализа взаимодействия составных частиц неупорядоченных сред без дальнего порядка к нелинейному взаимодействию волновых возбуждений этих сред. Тепловые явления в конденсированном состоянии вещества связаны с коллективными (волновыми) возбуждениями конденсированных сред и их нелинейным резонансным взаимодействием. Это аналогично переходу от анализа движения отдельных частиц газообразных сред к новым динамическим переменным в молекулярно-кинетической теории.

2) Термическое возбуждение различных коллективных колебательных мод определяет многие явления переноса в жидком состоянии вещества (теплопроводность, скорость звука, вязкость), процессы растворения электролитов и электропроводность растворов, а также поверхностное натяжение [37-41].

3) Установлено существование когерентных суперпозиций волн, согласованных с квантовыми состояниями среды, для которых исчезает линейное и нелинейное поглощение волн [44,47-52, 54,55,57,58]. В нестационарном случае просветление среды для когерентной суперпозиции волн трансформируется в многочастотные солитоны волн, поляризаций среды и населенностей резонансных состояний [66,67].

4) Для нелинейных волновых взаимодействий типично явление концентрации энергии (КЭ) [51,68,69] и неравновесное возбуждение высших колебательных мод. Второе начало термодинамики есть следствием (обратной стороной) явления КЭ. А трете начало связано с ослаблением термического возбуждения среды и нелинейного взаимодействия волн вблизи абсолютного нуля температуры.

5) С возбуждением высших колебательных состояний связано сильное колебательно-электронное взаимодействие, что ведет к трансформации электронных состояний и индуцированию новых [35,36,63,64,80]. Сильные индуцированные изменения электронных состояний кроме появления новых электронных полос экспериментально подтверждается аномальным возрастанием в10^2-10^5 раз поглощения для обертонов и суммарных тонов

[63,86], что может бать важно для повышения эффективности биохимических процессов.

Существенным влиянием нелинейности есть своеобразное переплетение в НКМФ квантовых и классических закономерностей: не только квантовые закономерности определяют классическое поведение, но и макроскопические поведение колебательных мод определяет изменение сугубо квантовых электронных состояний, что хорошо прослеживается на примере фазовых переходов 1-го рода. В нелинейно-квантовой концепции фазовых переходов 1-го рода и концентрации энергии фактически дается новый подход к физике тепловых явлений, связанных с нелинейными волновыми процессами. Определенная неустойчивость, свойственна нелинейным задачам, проявляется в пространственно-временных явлениях концентрации энергии, приводящим к существенной диффузии атомов и молекул в конденсированных средах, химической активности, эффектам сильного колебательно-электронного взаимодействия и множеству других явлений. Совокупность неожиданных свойств нелинейных резонансных взаимодействий волн позволяет объяснить и многие свойства системы китайских меридианов живых организмов.

4. Нелинейная волновая модель «китайских энергетических меридианов» живых организмов

...Факты, не объясняемые
существующими теориями
наиболее дороги для науки,
от их разработки следует
по преимуществу ожидать
ее развития в ближайшем будущем.
А.М.Бутлеров

В человеческом организме известно 14 постоянных и 8 чудесных меридианов [5,87], которые проходят через важные органы (сердце, легкие, печень, желудок и др.), органы чувств и замыкаются на периферии (ладони, ступни). Это согласуется с тем, что в радужках глаз выделяются различные зоны, связанные с определенными внутренними органами, что используется в иридологии [88,89]. Обнаружение и использование в лечении точек акупунктуры кажется намного опередило развитие науки. Теория этих каналов длительное время почти не развивалась и в литературе сохранились их устаревшие архаичные интерпретации. Но практика показывает, что это реальные каналы, соединяющие БАТ, причем последние найдены как в человеке и животных так и в растениях. Китайские меридианы не соответствуют нервной, кровеносной или лимфатической системам, хотя некоторые меридианы располагаются по ходу нервных стволов и имеют связи с кровеносной и лимфатической системами. Области БАТ характеризуются повышенным электрическим потенциалом (особенно при заболеваниях) и пониженным сопротивлением, более рыхлыми тканями с повышенным количеством тучных клеток.

В последние десятилетия начали развиваться определенные физические представления о системе энергетических меридианов. Немецкие ученые J.Deck и F.Popp (1979 г.) основываясь на эффекте митогенетического излучения А.Г.Гурвица установили, что интенсивность излучения клеток организма возрастает при патологии или гибели. Причем количество излученных фотонов соответствует числу отмирающих клеток. Излучение систем живых клеток происходит непрерывно в отличие от затухающего спонтанного излучения неживых клеток и характеризуется специфическим спектральным распределением. Предполагается, что радужки глаз являются голограммами этих когерентных полей излучения [88].

Для низкоинтенсивного излучения микроволновые резонансы отличаются узостью -отношение ширины полосы к частоте составляет 10^{-4}-10^{-2} [90]. При воздействии этого излучения на определенные участки тела наблюдаются сенсорные реакции пространственно удаленного органа с нарушениями в его деятельности. При этом возникают характерные ощущения «сдавливания», «покалывания», «тепла» или «холода», комфортности и легкости, локальная или диффузная боль. Может наблюдаться также биоэлектрическая активность мышц [91]. Эти ощущения могут использоваться для подбора индивидуальной терапевтической частоты. Причем эффекты мало изменяются при вариации интенсивности на несколько порядков .

Согласно [92] излучение воздействует на бислойные липидные мембраны клеток. При этом в мембранах возникают акусто-электрические колебания, влияющие на процессы метаболизма. Н.Д.Девятков и М.Б.Голант считают, что живые организмы излучают электромагнитные волны КВЧ диапазона для управления внутренними процессами. Внешнее микроволновое излучение, имитируя собственное излучение живых организмов, восстанавливает гомеостаз. Дальнейшее развитие эти идеи получили в научно-исследовательском центре «Отклик». Ситько С.П. считает, что электромагнитный каркас человека, т.е. собственное когерентное поле человека в мм-метровом диапазоне длин волн возникает по лазерному типу за счет активности клеточных мембран [7], хотя не ясно на каких рабочих уровнях реализуется рассматриваемый лазерный эффект. Автор полагает, что каждая клетка принимает участие в формировании и поддержании системы меридианов (электромагнитного каркаса организма), а она в свою очередь координирует и синхронизирует работу всех систем организма. Здесь прослеживается выход из тупика, в котором оказывается биология, оперирующая с короткодействующими силами химического взаимодействия [7]. Полагается, что расположение БАТ и конфигурация китайских каналов обеспечивается отражением микроволнового излучения от костей и полным внутренним

отражением на открытых кожных поверхностях [7,93]. Важная роль электромагнитной составляющей китайских меридианов подтверждается и прямой регистрацией неравновесной компоненты мм-излучения человека [93]. Таким образом, через интеграцию восточного опыта и западной науки начал формироваться новый подход к проблеме живой материи [8].

С.Г.Геращенко называет систему китайских меридианов реликтовой сигнальной системой [94], которая возникла на клеточном уровне на ранней стадии эволюции и унаследована высшими организмами. Это связано с усилением корпускулярного и сопутствующего ему радиоизлучения микроволнового диапазона при повышении солнечной активности. Микроволновое излучение опережает во времени более жесткое корпускулярное излучение и может служить его предвестником для биологических объектов. Это позволяет перестроить деятельность живых организмов для сохранения внутренней среды и, прежде всего, генетического аппарата от ионизирующей радиации. Частоты действующего мм-излучения могут быть связаны с вращательными полосами поглощения кислорода (60 и 120 ГГц) и воды (22 и 176 ГГц) земной атмосферы. Это согласуется с тем, что на ранних стадиях эволюции в атмосфере содержалось меньше кислорода, а всплески повреждающей радиации были сильнее.

Нами развиваются представления об «энергетических меридианах», как о фундаментальной (базовой) системе живых объектов, которая характеризуется полифункциональностью и объединяет свойства синхронизирующей, энергетической, сигнальной и др. систем. В отличие от специфических (кровеносной, нервной или лимфатической) систем макроскопических биологических организмов, выполняющих более узкоспециализированные функции, фундаментальная система возникла на более ранней стадии эволюции и свойственна и одноклеточным. Она открытая и играет роль как сигнальной системы (вместе с нервной) так и энергетической (наряду с пищеварительной и кровеносной системами). Но ее ведущими функциями есть обеспечение единства и целостности живых организмов и связи с окружающей средой, в том числе восприятие космо-физических воздействий. Скорость распространения сигналов в фундаментальной системе связана с фазовыми скоростями взаимодействующих волн, и хотя для связанных суперпозиций волн и многоволновых солитонов она уменьшается, но все же значительно превышает скорость распространения химических и электрических сигналов в нервной системе. Благодаря этому она обеспечивает целостность и самосогласованность живых организмов

Живой организм рассматривается как нелинейная система, в которой внешний поток вещества-энергии и процессы метаболизма моделируются внешней накачкой, возбуждающей электронные и (или) колебательные состояния, релаксация которых в нижележащие состояния происходит путем каскадной генерации разностных частот и частично описывается подобно многокомпонентному вынужденному рассеянию [51,95,96]. Кинематика нелинейного взаимодействия волн связана с выполнением условий согласования фазовых скоростей волн (фазового синхронизма (ФС)) и в значительной степени определяется дисперсионными характеристиками водной среды. Часто кинематическая концентрация энергии (КЭ) связана с широкополосными по частоте и углу ФС [74,75,84], которые неоднократно реализуются в процессах релаксации энергии. Динамические уравнения показывают возможность установления в неравновесной среде немонотонного распределения энергии по частотам (самоорганизация в пространстве энергии-частоты). В наиболее общем случае можно предположить, что в «энергетических меридианах» циркулируют согласованные со средой когерентные суперпозиции волн различной природы, включая световые, поляритонные и низкочастотные (микроволновые), которые распространяются в среде без затухания, хотя некоторые из волн в отдельности могут сильно поглощаться. Несмотря на то, что значительный вклад в систему китайских меридианов вносят электромагнитные волны, но в ней присутствует вклад и коллективных колебательных и либрационных (вращательные качания) мод, а также подвижности протонной подсистемы водной среды организма. Важно отметить, что в условиях сильной нелинейной связи многих резонансных волн устойчивыми являются не отдельные волны, а их линейные комбинации, приводящие к новым качественным закономерностям. Если каждая из волн резонансно поглощается в среде, то их самосогласованная суперпозиция может распространяться в ней свободно. Это явление имеет нелинейно-квантовую природу и связано с интерференцией нескольких амплитуд переходов между резонансными состояниями среды, что более детально анализировалось в разделе 2. Это и обосновывает правильность использования термина **нелинейно-квантовая медицина**, научные основы которой можно считать разделом нелинейно-квантовой физики.

В кругу новых представлений существование энергетических каналов живых организмов и их специфические главные свойства являются почти очевидными. Рассмотренные выше основные закономерности нелинейных резонансных волновых процессов и положения нелинейно-квантовой макрофизики могли бы позволить предсказать существование китайских меридианов, если бы они не были обнаружены раньше эмпирически. Установление нужных комбинаций волн различных частот, которые свободно распространяются в тканях живых организмов, представляет сущность

электромагнитного гомеостаза. Нарушения этого гомеостаза внутренних возбуждений с квантовыми состояниями организма проявляется как то или иное заболевание. Раздельно основные свойства китайских меридианов в той или иной степени уже реализованы экспериментально при взаимодействии когерентного излучения со средой и в нелинейной лазерной спектроскопии и получили надлежащее теоретическое описание и понимание. К таким свойствам мы бы отнесли:

1) Дистанционность воздействия микроволнового излучения, которое очень сильно поглощается в водной среде, на орган с функциональными нарушениями. Это связано с реализацией волнового просветления (ВП) для когерентной суперпозиции волн различных частот. В этих условиях для микроволнового излучения никакого лазерного усиления за счет активности клеток или их мембран не требуется. Уменьшение амплитуд внутренних волн, например, в результате их многократного рассеяния может компенсироваться в результате параметрической генерации разностных частот в неравновесной среде [95,96]. Наличие излучения других частот кроме микроволнового доказывается использованием светового излучения, в том числе слабого лазерного излучения в рефлексотерапии [97], а также ультрафиолетовым излучением клеток при их гибели в опытах Казначеева В.П., отдельными фотонами в исследованиях Ф. Поппа, а также повышенной интенсивностью свечения тканей при заболевании.

Здесь важно отметить, что в неравновесно возбужденной среде коллективные свойства жидкого состояния вещества как правило выражены в большей степени, чем в равновесных условиях, что связано с усилением межмолекулярного взаимодействия при колебательном или электронном возбуждении среды. Кроме того коллективизация среды может усиливаться при действии когерентного микроволнового излучения, которое может усиливать кооперативные свойства соответствующих низкочастотных возбуждений среды.

2) Для живых организмов важно участие в линейных волновых суперпозициях микроволнового излучения, для которого в водной среде наблюдается очень сильное поглощение. Важность этого частотного диапазона обусловлена также тем, что здесь в значительной степени концентрируется энергия при релаксации из высоколежащих возбужденных состояний. Несмотря на нелинейное «выключение» микроволнового поглощения, суперпозиция волн чувствительная прежде всего к амплитуде этого излучения. Можно думать, что отклонение фазы или амплитуды хотя бы одной из волн в их суперпозиции приведет к появлению поглощения многих волн, что можно соотнести с проявлением заболевания. Причиной такого отклонения может быть изменение энергетических состояний внутренней среды, например, изменение степени кооперативности колебательных мод водной среды, изменение нелинейности внутренней среды, в частности, при нарушении процессов метаболизма, действии радиации или обезвоживании. К нарушению точных условий волнового просветления (ВП) могут приводить и изменения внешней среды (изменение магнитных и радиационных полей, давления, температуры и др.), с которыми организм сам не может справиться. В результате большой длины волны мм-излучения оно более чувствительно к изменению коллективных свойств среды по сравнению с более коротковолновым излучением. Поэтому для живых организмов прежде всего важен баланс микроволнового излучения, что и объясняет преимущества микроволновой резонансной терапии.

Пространственное установление ВП объясняет такой важный феномен экспериментальной рефлексотерапии как необходимость воздействия на как можно более удаленную БАТ, связанную с рассматриваемым органом, что было установлено задолго до изучения нелинейного взаимодействия волн и асимптотического установления многоволнового просветления среды. Согласно упрощенным представлениям необычность такой процедуры связана с тем, что из-за сильнейшего поглощения микроволновое излучение не может доходить до этого органа. Но оно свободно может доходить к нему в составе волновой суперпозиции, что является весомым подтверждением развиваемой нелинейно-волновой модели энергетических каналов. Во вторых, длинный путь распространения дополнительного микроволнового излучения необходим для установления в процессе нелинейного резонансного взаимодействия с другими волнами необходимых значений фаз и амплитуд волн, в точности соответствующих ВП (восстановление волнового гомеостаза).

3) Необычайно высокая чувствительность ВП к малым изменениям параметров вещества и полей объясняет высокую биологическую активность сверхнизких уровней микроволнового воздействия. В ВП, в принципе, проявляются волны всех возможных частот, связанные со всеми энергетическими состояниями среды, то есть молекул ДНК, ферментов, водной среды. Поэтому устанавливающиеся комбинации волн содержат информацию как о генетическом аппарате, так и много другой информации о деятельности различных систем организма, в том числе о активности ферментов и других белков, коллективных свойствах воды организма и ее взаимодействии с различными макромолекулами и клеточными структурами – системой клеточных мембран, митохондриями, ядром и т.д. Причем в отличие от предположения о передаче хромосомной наследственной информации микроволновым излучением [7], здесь более ясен механизм такого влияния генома, ведь многочастотные поля содержат существенно больше

информации, заложенной в соотношении амплитуд волн и их фаз. Кроме того, предлагаемый подход позволяет понять и нечувствительность здорового организма к действию микроволнового излучения. Как указывалось выше при реализации ВП нелинейные взаимодействия волн исключаются, поэтому дополнительное микроволновое излучение, тем более с несогласованной фазой, практически не взаимодействует с волновой суперпозицией и быстро поглощается в водной среде.

В предлагаемой нелинейно-квантовой модели живого устанавливающаяся суперпозиция волн разных частот неразрывно связана с совокупностью энергетических состояний среды, что в принципе передает как влияние генома, так и надмолекулярной организации среды, которая проявляется на размерах, существенно превышающих типичные размеры макромолекул. В частности, при одинаковых генах возможна различная надмолекулярная организация среды, которая определяется, в частности, коллективными поляритонными возбуждениями, содержащие вклады механических и электромагнитных возбуждений. Отсюда можно сделать вывод о правомочности представлений, согласно которым информация в биологических системах может передаваться не только посредством генов, но и с помощью других механизмов.

4) Взаимофокусировка волн различных частот на сильных низкочастотных нелинейностях водных сред позволяют объяснить само существование рассматриваемых каналов. Известное явление самофокусировки и самоканализации лазерных пучков реализуется в области прозрачности материальной среды, где нелинейность слабая, что приводит к высоким пороговым мощностям. В отличие от этого резонансная взаимофокусировка волн развивается на существенно больших резонансных восприимчивостях и может осуществляться при значительно меньших интенсивностях взаимодействующих волн и приводить с более существенным эффектам. Известно, что фокусировка стоксового излучения при вынужденном комбинационном рассеянии возможна при отсутствии самофокусировки (СФ) лазерного излучения, что реализуется в жидком азоте [98]. Причем слабое стоксовое излучение фокусируется в каналы диаметром 2-4 мкм (мелкомасштабная фокусировка) в отличие от существенно большего диаметра перетяжки лазерного пучка ~150 мкм в условиях СФ. В дальнейшем сфокусированная стоксовая волна может приводить к резонансной фокусировке лазерного пучка и возникновению его цилиндрической кольцевой структуры [65].

Взаимофокусировка волн возможна и в однородной среде и никаких морфологических особенностей биосистем здесь не нужно, хотя распространение суперпозиции волн в канале приводит к некоторым наблюдаемым изменениям свойств среды. В частности, более рыхлая структура тканей связана с ростом колебательного ангармонизма и усилением нелинейности, что приводит к усилению автофокусировки. Развиваемая концепция позволяет объяснить как вариации диаметра БАТ в пределах от 0,2 до 5 мм кожной поверхности, так и значительное расширение узких энергетических каналов с площадью БАТ~1 мм^2 при заболевании и их трансформацию в зоны Захарьина-Геда. Это связано с ухудшением условий взаимофокусировки волн при нарушении электромагнитного гомеостаза. Как указывалось выше, в нестационарном случае волновое просветление с постоянными амплитудами многих волн трансформируется в многоволновые пространственно-временные солитоны полей различной природы, поляризации среды и населенностей резонансных состояний. Таким образом можно объяснить временную зависимость активности 12 парных меридианов, а также возможную природу биоритмов. При последовательном прохождении такого сгустка возбуждений через каждый из меридианов активность соответствующих органов повышается на несколько часов.

5) Остановимся более детально на таком важном свойстве микроволнового воздействия как его узкорезонансный характер, что ранее пытались связывать с существованием отдельного уровня квантовой организации природы [6,7]. Согласно современным данным узость микроволновых резонансов обусловлена не собственными резонансами организма, а спецификой нелинейного взаимодействия волн в условиях нелинейного квазисинхронизма и сильного частотного изменения показателей преломления [53,71,79]. Во многих работах по взаимодействию мощного лазерного излучения с конденсированными средами была обнаружена возможность генерации узкополосного излучения [53,70]. Например, вблизи порога вынужденного комбинационного рассеяния спектральные полуширины генерируемого антистоксового излучения были меньше чем для возбуждающего лазерного излучения, хотя согласно классическим представлениям начальная полуширина должна соответствовать спонтанным процессам. В этом случае при превышении порога генерации возникала эквидистантная тонкая структура стоксового и антистоксового излучения, что аналогично наличию ряда резонансов для микроволнового излучения. Все особенности тонкой структуры спектров при вынужденных рассеяниях света было объяснены теоретически с учетом сильного изменения волновой расстройки при четырехфотонных параметрических процессах в пределах ширины колебательного резонанса [53,71,99]. Аномально сильное изменение дисперсии воды в области дебаевской релаксации (30-100 ГГц), где резко уменьшается диэлектрическая проницаемость воды, приводит к появлению ряда узких резонансов, которые являются по существу полосами

Мейкера в резонансной области. Наблюдаемое уширение микроволновых резонансов при повышении мощности КВЧ излучения также указывает на их нелинейную природу.

6) Развиваемая концепция позволяет достаточно просто понять и существование индивидуальной подстройки под микроволновый резонанс. Это может быть связано с рядом факторов. Во-первых, даже при постоянных микропараметрах тканей живого организма в зависимости от величины отклонения от электромагнитного гомеостаза и используемой мощности КВЧ воздействия, из-за нелинейного квазисинхронизма его максимальная эффективность может реализоваться при различных частотах [50,60,61].

Во-вторых, при изменении внешних условий, например, радиационного фона или атмосферного давления, состояние внутренней среды организма изменяется. Поэтому могут изменяться и частоты внешнего воздействия. В частности, экспериментально наблюдалось отличие частотных смещений при спонтанных и вынужденных процессах рассеяния, одно- и двухфотонном поглощении [53,61].

В третьих, как оказалось даже в идеальных кристаллах силы химических связей не есть строго фиксированными [100]. Например, при воздействии постоянного магнитного поля с индукцией около 0,2 Тл или микроволнового излучения с частотой 53 ГГц и мощностью около 10 мВт на монокристаллы кремния их микротвердость уменьшается примерно на 25%, а по данных рассеяния рентгеновских лучей относительное увеличение постоянной решетки $\Delta a/a$ составляет $\sim 10^{-5}$. Еще большие изменения микропараметров возможно для более лабильных жидких сред.

Наконец, в четвертых, в зависимости от воздействия внешних физических полей могут существовать различные квантовые состояния воды [101], что проявляется в изменении полос поглощения воды и может быть связано с индуцированием дополнительных электронных состояний (см. рис.1). Поэтому будут изменяться и частоты микроволновых резонансов. В связи с этим состояние волнового гомеостаза в живых системах является динамичным и зависит как от функционирования всех систем организма, так и от внешних условий включая казалось бы очень слабые, но глобальные космические воздействия.

Таким образом, многие характерные черты рефлексотерапии подтверждают нелинейно-волновую природу системы энергетических меридианов.

Выводы и перспективы будущих исследований

1. В последовательном объяснении природы феномена «китайских меридианов» важную роль играет установление коллективных свойств жидкого состояния вещества, изучение основных закономерностей нелинейного резонансного взаимодействия волн, для которого в отличие от нерезонансных процессов в областях прозрачности, радикальным образом переплетаются квантовые свойства веществ и нелинейной оптики, а также развитие нелинейно-квантовой макрофизики (НКМФ). НКМФ базируется на большом объеме спектральных данных о веществе, включая область обертонов и суммарных тонов, в том числе полученных методами спектроскопии изображений, а также термодинамических данных для широкого круга веществ, которые, естественно, не могли быть изложены в данной работе.

2. Для настоящего времени характерен переход в исследованиях от более простых систем к сложным многочастичным квантовым системам и смещение внимания от физики в сторону химии, биологии и медицины. Для сложных многочастичных систем с относительно сильным взаимодействием (жидкости, живые организмы, атомные ядра, небесные светила) должны проявляться специфические, полностью еще не изученные, закономерности, которые частично рассмотрены здесь. Вместо законов физики, которые устанавливаются на основе отдельных явлений, необходимо изучать более общие закономерности на основе всех известных явлений в физике, химии и биологии. Формулируемые в данной работе положения нелинейно-квантовой макрофизики могут быть промежуточными вариантами общенаучных положений, аналогичным началам термодинамики, по нашему мнению уже исполнившим свою временную роль.

3. Анализ природы китайских меридианов живых организмов есть одним из приложений нелинейно-квантовой макрофизики. В данной научной концепции система энергетических каналов в неравновесных системах возникает почти естественно, как дискретные квантовые состояния возникают в квантовой механике. Основополагающим здесь есть существование строгих самосогласованных решений для совместного поведения вещества и совокупности резонансных волн. Они соответствуют когерентной суперпозиции волн различных частот, соотношения амплитуд и фаз которых зависят от характеристик квантовых состояний. Аномально сильное возрастание нелинейности для резонансных процессов и их пространственное усиление приводят к актуальности нелинейных волновых взаимодействий даже для термически возбужденных возбуждений. Такая комбинация волн имеет нелинейно-квантовую природу и всегда возникает в процессе нелинейного взаимодействия волн со средой. При этом линейное и нелинейное поглощение исчезает и волновые возбуждения распространяются в веществе свободно. Для высокочастотных электромагнитных волн волновое просветление среды возможно и в газообразных средах. Однако для более низкочастотных колебательных или поляритонных

волн с участием механических движений атомов волновое просветление возможно только в конденсированных средах, где есть соответствующие коллективные моды.

4. В нелинейных средах плоские волны являются неустойчивыми и в результате нелинейной резонансной взаимной фокусировки волн формируются пространственно ограниченные волновые каналы, известные как «китайские меридианы». Совокупности волновых возбуждений могут распространяться в них как стационарно, так и в виде пространственно-временных сгустков – многоволновых солитонов, что может объяснять периоды суточной активности меридианов, связанных с различными органами живых существ. При функциональных отклонениях условия взаимофокусировки волн нарушаются и энергетические каналы расширяются и точки акупунктуры трансформируются в более обширные проекционные зоны. Вероятно, нарушение просветления тканей организма для суперпозиции волн есть одним из проявлений заболевания (нарушение полевого гомеостаза).

5. Частотная узость резонансов в микроволновой резонансной терапии также имеет нелинейную природу, связанную с максимумами эффективности нелинейного взаимодействия волн в условиях сильного частотного изменения показателей преломления. Эти максимумами связаны с пространственным накоплением нелинейного взаимодействия в среде и достаточно подробно изучены нами ранее. В пределах одного реального резонанса в материальной среде проявляется последовательность нелинейных квазирезонансов, поэтому они характеризуются малой полушириной. Незначительное изменение свойств среды под влиянием внешних или внутренних факторов приводит к необходимости индивидуального подбора терапевтической частоты микроволнового излучения.

6. Развитие нелинейно-квантовой макрофизики и создание простейшей научной модели системы энергетических каналов живых организмов является дальнейшим шагом интеграции в науке и ведет к объединению физики, химии и биологии и развитию научных основ медицины. При этом главное значение приобретает приведение всех предварительно накопленных знаний к единому знаменателю, то есть выработка общей научной базы и представление полученных результатов в различных науках с единых идейных позиций. Разумеется, можно придумать множество подходов и теорий для объяснения разнородных явлений по отдельности, но для последовательного описания и понимания всего разнообразия явлений и объектов в рамках единого подхода этот произвол существенно сужается.

7. До настоящего времени обсуждалась только эволюция физической картины мира [102], но начавшийся процесс интеграции естественных наук и, в частности, объединение физики и химии с биологией ведет к созданию единой научной картины мира. Вероятно, развиваемые представления о специфических полифункциональных каналах живых организмов должны играть важную роль в целостной картине мира. Существенно, что в биологии и физике доминируют разные способы мировосприятия и миропонимания: образно-интуитивный и логично-математический, которые соответствуют правому и левому полушариям мозга. Можно надеяться, что дальнейшее развитие науки будет связано с объединением двух способов мировосприятия и решением на фундаментальном уровне проблемы отличия живого от неживого.

Обширный список литературы никак не претендует на полноту, и в большей степени отражает пройденный путь творческих поисков автора. Можно надеяться, что обращение к указанным оригинальным статьям позволит более детально познакомиться с изложенными вопросами и приводимым обоснованием и приблизиться к пониманию природы такого важного природного феномена как система специфических каналов живых организмов.

В заключение хочу поблагодарить Ситько С.П. за последовательное введение в круг проблем, связанных с «китайскими меридианами», и плодотворное многолетнее общение, в том числе на научных семинарах в НИЦ «Отклик», а также Мартынюка В.С. за плодотворные дискуссии при подготовке статьи, прочтение рукописи и ценные замечания.

Литература

1. *Р.Фейнман* Характер физических законов. - М.: Мир, 1968. - 232 с.
2. *Смолуховский М* Границы справедливости второго начала термодинамики // УФН. – 1967. - Т. 93, вып.4. - С. 724-748.
3. *Р.Пенроуз* Новый ум короля. О компьютераах, мышлении и законах физики. - М.: Изд. УРСС, 2003. - 382 с.
4. *Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т.* Свойства газов и жидкостей. - Х.,1982. – 220 с.
5. *Собецкий В.В.* Клиническая рефлексотерапия. - Київ: Здоров’я, 1995. - 256 с.
6. *Ситько С.П., Мкртчян Л.Н.* Введение в квантовую медицину. – Киев: Паттерн, 1994. - 144 с.
7. *Ситько С.П.* Фундаментальные проблемы биологии с позиций квантовой физики живого.// Физика живого. – 2001. - Т.9, № 2. - С. 5-17.
8. *Ситько С.П.* Медицинские аспекты квантовой физики живого // Физика живого. - 1996. - N.4, № 1. -С.5-10.
9. *Питаевский Л.П.* Макроскопические квантовые явления // УФН/ - 1966/ - Т.90, вып.4. - С. 623-629.
10. *Heisenberg W.* Nonlinear Problems in Physics // Physics Today. – 1967. -Vol. 20. - P. 27 – 37.
11. *Kornienko N.E.* Nonlinear wave model of a fundamental system alive organismes (abut a nature of the chines meridians) / Proceeding of the XIV International School-Seminar “Spectroscopy of Molecules and Crystals” 7-12 June 1999, Odessa, Ukraine- P. 54.

12. *Корнієнко М.Є.* Фізико-медичні основи функціонування базисної системи живих організмів, Проблеми оптики та її освітнього аспекту на порозі 3-го тисячоліття. / Тези доповідей Наук.-практич.конфер. з міжнародною участю, присвячена 165-річчю Київського університету та 60-річчю кафедри оптики. Київ, 5-6 жовтня 1999. - С..19.
13. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В., Понежа Е.А.* Природа частотно-угловой структуры излучения при ВКР в жидкостях // Доклады АН УССР, Сер.А - 1983. - № 4.- С. 65-68.
14. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В., Понежа Е.А.* Антистоксово комбинационное рассеяние на поляритонах в жидкости, индуцированное ВКР // Оптика и спектроскопия – 1986. - N. 60, № 6.- С. 1171-1174.
15. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В.* Генерация возбужденных клебательных состояний при ВКР и поляритонный механизм релаксации в жидкостях // Оптика и спектроскопия – 1986.- Т. 61, № 1.- С. 174-177.
16. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В., Дзюбан Н.В.* Нерезонансные параметрические процессы при вынужденном комбинационном рассеянии // УФЖ, (письма в редакцию). – 1986. - Т.31, №3. - С. 779-784.
17. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В., Федорченко А.М.* Тонкая структура и аномальное уширение спектров при вынужденном комбинационном рассеянии // Сб. “Физика жидкого состояния”,Киев, 1986. - вып.14. - С. 41-54.
18. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В.* Спектральное проявление особенностей генерационных механизмов излучения ВКР // Сб. научных трудов, Спектроскопия неметаллических кристаллов. - Киев, Наукова думка, 1990. - С. 120-123.
1. *Корниенко Н.Е., Гайдук В.Ф., Малый В.И., Понежа Г.В.* Возбуждение обертонов колебательных возбуждений при вынужденном комбинационном рассеянии в самофокусирующих жидкостях, поляритонный механизм релаксации и измерение ангармонизма колебаний // Сб. научных трудов, Оптическая спектроскопия, АН Украины, Ин-т физики, Киев, 1993. - С. 171-176.
2. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В.* Черенковское излучение волн нелинейной поляризации, возбуждаемых при вынужденном комбинационном рассеянии света // Оптическая спектроскопия, АН Украины, Ин-т физики, Киев, 1993. - С. 161-165.
3. *Корнієнко М.Є.* Спостереження поздовжньо-поперечного розщеплення в спектрах комбінаційного розсіяння рідкого хлороформу // УФЖ – 2001.-Т.46, № 5- 6. - С. 546-552.
4. *Корнієнко М.Є.* Низькочастотні колективні моди системи водневих зв’язків води // УФЖ. – 2002.- Т.47, № 4. - С. 361-364.
5. *Kornienko N.* Low-frequency collective vibrational modes of water / Abstracts of International Bunsen Discussion Meeting “Metastable Water”, Schloss Nordkirchen, Germany, September 22-26, 1999. - P. 42.
6. *Корнієнко М.Є., Круть О.В.* Спостереження граткових мод рідкого CS2 в області сумарних коливальних смуг ІЧ поглинання // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки. - 2005. - № 1. - С. 345-357.
7. *Kraus S., Degreif K., Kornienko N., Smoljar N., Kalkenings R., Wagner T.,Wenig M. Jaehne B., Platt U.* Spectroscopic imaging. Lecture Notes in Computer Science, LNCS, Chapter1, pp 5-27, Springer Verlag, 2003. – P. 5-27.
8. *Garbe C., Kornienko N., Smoljar N., Schurr U.* Water relations in plant leaves, Монографія, Lecture Notes in Computer Science, LNCS, Chapter 19. - Springer Verlag, 2003. - – P. 377-401,
9. *Korniyenko N., Smolyar N., Jähne B., Schurr U.* Studying of different water states distribution in plant leaves using vibration and imaging spectroscopy // Botanikertagung . – 2002. - Freiburg, Abstractband. - P. 239.
10. Smolyar N., Korniyenko M., Roth K. Near Infrared imaging spectroscopy: A new tool for studying water states and movement in porous media / European Geosciences Union, General Assembly, Vienna; 2005, 24-29.04.2005, EGU05-A-07910. - P.178.
11. *Денисов В.Н., Маврин Б.Н., Подобедов В.Б., Стерин Х.Е.* Гиперкомбинационное рассеяние на поляритонах в четыреххлористом углероде // Письма в ЖЭТФ – 1982. - Т.35,вып.8. –С. 312-314.
12. *Денисов В.Н., Маврин Б.Н., Подобедов В.Б., Стерин Х.Е.* Гиперкомбинационное рассеяние и правила отбора по волновоу вектору и матричному элементу в колебательных спектрах стекол и жидкости // ЖЭТФ - 1983.- Т. 84, вып. 4.- С. 1266-1278.
13. *Корнієнко М.Є., Кутовий С.Ю. Піддубецька О.В. Смоляр Н.П.* Колективні коливальні моди сітки водневих зв’язків як показник станів води в рослинних соках та листках // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні наукию - 2003, вип.№ 1. - С. 367 - 376.
14. *Kornienko N.E., Kutovyi S.Yu., Piddubetska O.V., Smoljar N.P.* The Collective Vibration Modes of Hydrogen Bonds as the Gauge of the States of Water in Vegetal Fruits and Leaves// Biopolimers and Cells. - 2006. – Vol..22, N1. - С. 7 - 15.
15. *Korniyenko N.E., Smolyar N.P., Kutovys S.Yu., Piddubetska O.V.* The collective vibration modes of hydrogen bonds as biometer of the water states in vegetal fruits and leaves / Botanikertagung, 2002, Freiburg, Abstractband. - P. 335.
16. Солитоны в действии, - М., Мир,1981. - 312 с.
17. *Корнієнко М.Є.* Про зв’язок теплот плавлення кристалів з енергіями оптичних фононів // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки. – 2004. - .№ 4. - С. 466-476.
18. *Корнієнко М.Є.* Про фонону дискретність теплот кипіння // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки. – 2005. –.№3. - С. 520-534.
19. *Корнієнко М.Є.* Про колективну природу теплопровідності води і деяких інших рідин // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні наукию – 2005. -.№ 4. - С. 511-519.
20. *Корнієнко М.Є.* Колективні властивості теплопровідності рідин. 1. Резонансні властивості теплопровідності води і водних розчинів // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки. – 2005. –№ 4.. – С. .372-384.
21. *Корнієнко М.Є.* Квантові закономірності в водних розчинах електролітів. 1. Природа розчинності речовин в воді і гідратації іонів // Вісник Київського університету, Сер. Фіз.-мат. науки. – 2006. - № 2. - С. 438-451.

22. *Korniyenko A, Korniyenko M.* Role of Collective Vibration Modes in Processes of Dissolution of Substances and Elektroconductiviyy in Water Solution of Electrolits / Праці I Міжнародної конференції «Електроніка та прикладна фізика», 24-27 листопада 2005, Київ. – С. 111-112.
23. *Корнієнко М.Є.* Зв'язок температурного максимуму швидкості звуку в воді з колективними коливальними модами // Вісник Київського університету, Сер. Фіз.-мат. науки. - 2007. - № 4. - С. 343-352.
24. *Шеен И.Р.* Принципы нелинейной оптикию - М. Мир, 1989. - 530 с.
25. Бутылкин В.С., Каплан А.Е., Хронопуло Ю.Г., Якубович Е.И. Резонансное взаимодействие света с веществом. - М., Наука, 1977. – 222 с.
26. *Корниенко Н.Е.* Пространственная эволюция амплитуд волн, устойчивость решений и бифуркации при генерации суммарных и разностных частот в условиях двухфотонного резонанса // Квантовая электроника. – 1985. – Т.12, №8. - С. 1595-1601.
27. *Корниенко Н.Е.* Частотно-угловая структура четырехфотонного резонансного параметрического рассеяния // Оптика и спектроскопия. – 1985. - Т. 58, № 4. - С. 924-927.
28. *Корниенко Н.Е., Федорченко А.М.* О влиянии параметрических процессов на электронное вынужденное комбинационное рассеяние // Оптика и спектроскопия. – 1985. – Т.59, № 4. - С. 920-923.
29. *Корниенко Н.Е.* Бифуркации и предельные эффективности четырехфотонной резонансной генерации суммарных и разностных частот при бигармонической накачке // Оптика и спектроскопия. - - 1986. - Т.60, № 1. - С. 186-188.
30. *Гречко Л.Г., Корниенко Н.Е., Задорожный В.И., Федорченко А.М.* Нелинейный квазисинхронизм в процессах параметрического преобразования оптических частот в резонансных средах // Оптика и спектроскопия. – 1983. - Т.55, № 2. - С. 209-211.
31. *Корниенко Н.Е.* О возможности высокоэффективного четырехфотонного преобразования оптических частот в условиях однофотонного резонанса по накачке // УФЖ. – 1987. - Т.32, №9. - С. 132-137.
32. *Корниенко Н.Е., Корниенко М.Ф., Науменко А.П., Федорченко А.М.* О четырехфотонном параметрическом преобразовании частоты в условиях двухфотонного резонанса накачки и сигнала // Оптика и спектроскопия. – 1986. - Т .60, № 3. - С. 650-654.
33. *Корнієнко М.Є.* П'ятихвильове наближення в теорії вимушеного розсіяння світла // УФЖ. – 2002. - Т. 47, № 5. - С. 435-440.
34. *Корниенко Н.Е., Стрижевский В.Л.* Предельные коэффициенты преобразования при генерации суммарных и разностных частот в условиях двухфотонного резонанса по накачке // Оптика и спектроскопия. – 1982. – Т. 53. - С. 9 63-966.
35. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В., Федорченко А.М.* Параметрическая природа линейчатой структуры спектров ВКР, Оптика и спектроскопия. – 1986. - Т.60, № 2. - С. 422-425.
36. *Корнієнко М.Є., Міхницкий С.І.* Хвильове просвітлення речовини при вимушеному комбінаційному розсіянні світла на дипольно-активних коливальних модах // УФЖ. – 2002. - Т. 47, № 6. - С. 545-551.
37. *Корнієнко М.Є., Міхницкий С.І.* Хвильове просвітлення речовини і високоефективна генерація випромінювання при вимушеному комбінаційному розсіянні світла на поляритонах // УФЖ. – 2002. - Т. 47, № 8. - С. 726-737.
38. *Воловик Н.В., Корниенко Н.Е., Резниченко В.Я., Страшникова М.И.* Четырехфотонные параметрические процессы в кристаллах типа CdS при двухфотонном возбуждении // УФЖ. – 1994. - Т.39,№1. - С. 59-62.
39. *Корниенко Н.Е., Стеба А.М., Стрижевский В.Л.* Теория генерации и усиления стоксовой и антистоксовой волн в газообразных средах // Квантовая электроника. – 1982. - Т.9, №11. - С. 2271-2280.
40. *Корниенко Н.Е., Стеба А.М., Стрижевский В.Л.* Генерация стоксовой и антистоксовой волн, индуцируемая двухфотонной подсветкой // Квантовая электроника, Москва. – 1983. - Т.10, №2. - С. 300-307.
41. *Клеменьтьев В.М., Матюнин Ю.А., Чеботаев В.П.* Смешение частот 88,37 ТГц (3,39 мкм), 125,13 ТГц (2,39 мкм) и 260,1 ТГц (1,15 мкм) в газе и получение непрерывного когерентного излучения с суммарной частотой 479,6 ТГц (0,63 мкм) // Письма в ЖЭТФ. - 1976. – Т.24, вып.1. - С. 8-12.
42. *Корнієнко М.Є., Задорожний В.І., Сіденко Т.С.* Фазовий синхронізм та квазісинхронізм у резонансних нелінійно-оптичних процессах // Вісник Київського університету, серія: фізико-математичні науки. – 2003. - № 4. - С. 385-392.
43. *Корнієнко М.Є., Сіденко Т.С.* Нелінійний квазісинхронізм при генерації третьої гармоніки в умовах двофотонного резонансу // УФЖ. – 2004. - Т. 49, №11. - С. 1081-1089.
44. *Korniyenko M. Ye., Makara V. A., Shevchenko V. B., Korniyenko A. M., Veblaya T. S., Makhno M. M.* Detection of different states of water and oxide layer in porous silicon by IR spectroscopy // Phys. Stat. Sol. (c) – 2007. – Vol. 4, No. 6. - P. 2131– 2135.
45. *Корниенко Н.Е., Григорук В.И., Кутовой С.Ю, Веблая Т.С., Корниенко А.Н., Круть А.В.* Различные состояния ОН-групп и воды в твердых телах и колебательно индуцированные электронные полосы / Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные проблемы физики твердого тела» (ФТТ-2007) 26-29 октября 2007, Минск. - Т.3. - С. 224-227.
46. *Корнієнко М.Є.* Ефекти сильної фонон-електронної взаємодії 1. Відкриття електронних смуг нового типу // Вісник Київського університету, Сер. фіз.-мат. науки. - 2006. - № 3. – С. 489-499.
47. *Корниенко Н.Е., Гайдук В.Ф.* Природа самофокусировки стоксового излучения при вынужденном комбинационном рассеянии света // УФЖ. – 1987. - Т. 32, №9. -С. 1331-1334.
48. *Корнієнко М.Є., Міхницкий С.І.* Динаміка встановлення хвильового просвітлення речовини і багатохвильові зв'язані солітони при вимушеному розсіянні світла /Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми оптики та її освітнього аспекту на порозі 3-го тисячоліття», присвяченої 165-річчю Київського університету та 60-річчю кафедри оптики. Київ, 5-6 жовтня 1999. - С. 54.
49. *Korniyenko N.E., Mikhnytsky S.I.* Multi-wave bound Solitons under resonant interaction of radiation with medium / Proceedings of the XV International School-

Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals", 23-30 June 2001, Chernihiv, Ukraine. - P. 223.

50. *Волосов В.Д., Карпенко С.Г., Корниенко Н.Е., Стрижевский В.Л.* Метод компенсации дисперсии фазового синхронизма в нелинейной оптике // Квантовая электроника. – 1974. - Т.1, №.9. - С. 1966-1982.
51. *Корниенко Н.Е.* Явление концентрации энергии в конденсированной среде / Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные проблемы физики твердого тела» (ФТТ-2007), 26-29 октября 2007, Минск. – Т. 3. - С. 204-206.
52. *Морозова Е.А.* Исследование спектрального распределения интенсиивности вынужденного комбинационного рассеяния света в веществе в конденсированном состоянии // Труды ФИАН. – 1977. - Т.99. - С. 100-144.
53. *Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В., Федорченко А.М.* Тонкая структура и аномальное уширение спектров при вынужденном комбинационном рассеянии // Сб. "Физика жидкого состояния. - Киев, 1986, вып.14. - С. 41-54.
54. *Красников В.В., Пшеничников М.С., Соломатин В.С.* Параметрическое просветление среды при резонансном четырехволновом взаимодействии // Письма в ЖЭТФ. – 1986. – Т. 43, вып. 3. – С. 115-118.
55. *Красников В.В., Пшеничников М.С., Соломатин В.С.* Параметрическое просветление двухфотонно поглощающей среды // ЖЭТФ. – 1987. – Т. 92, вып. 5. – С. 1578-1589.
56. *Dolinchuk S.G., Kornienko N.E., Zadorozhnii V.I.* Noncritical vectorial phase matchings in nonlinear optics of crystals and infrared up-conversion // Infrared Physics. Technol. – 1994. – Vol. 35, No.7. - P. 881-895.
57. *Корнієнко М.Є., Задорожний В.І., Сіденко Т.С.* Концепція кратних некритичних фазових синхронізмі при нелінійному перетворенні частоти у двовісних кристаллах // УФЖ. – 2006. - Т.51, № 10. - С. 961-971.
58. *Рогульский В.В., Файзуллов Ф.С.* Распределение фотонов по компонентам вынужденного комбинационного рассеяния в жидком азоте // Письма в ЖЭТФ. - 1967. - Т. 6, № 10. - С. 887-890.
59. *Корниенко Н.Е., Ларченко В.И., Малый В.И., Понежа Г.В., Федорченко А.М.* Способ измерения длины фокальной области самофокусировки лазерного излучения. - Авторское свидетельство СССР, № 1403006 от 1988.
60. *Корниенко Н.Е.* О продольно-поперечном расщеплении и коллективном характере колебательных возбуждений в жидкостях и аморфных средах // Сб. "Физика жидкого состояния". - Киев, 1989, вып.17. – С. 15 -24.
61. *Кондиленко И.И., Корниенко Н.Е., Малый В.И., Понежа Г.В*. Некоторые закономерности в спектрах обращенного комбинационного рассеяния // Квантовая электроника. -1981. - Т.8, №11. - С. 2447-2453.
62. *Корниенко Н.Е.* Нелинейно-квантовая природа изменения свойств и диспергирования твердых тел (эффект Ребиндера) при контакте с жидкими средами / Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные проблемы физики твердого тела» (ФТТ-2007) 26-29 октября 2007, Минск. - Т.3. - С. 228-230.
63. *Korniyenko M.Ye., Makara V.A., Shevchenko V.B., Korniyenko A.M., Kutovyi S.Yu, Roth K., Veblaya T.S.* Detection of various states of water in porous silicon and disperse silica by the vibration spectroscopy methods / Extended abstracts of 5th International conference "Porous semiconductors - science and technology" (PSST2006). March 12-17, 2006, Sitges-Barcelona, Spain. - P.298-299.
64. *Корнієнко М.Є., Науменко А.П.* Спектри комбінаційного розсіяння другого порядку одностінних вуглецевих нанотрубок // Вісник Київського університету, Сер. фіз..-мат. Науки. – 2006. - № 1. - С. 362-369.
83. *Корнієнко М.Є.* Багатохвильові резонансні квантові процеси і їх роль в спектроскопії і фізиці конденсованого стану речовини / Наукові праці науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю з дня народження засновника кафедри оптики Шишловського О.А. Київ, 2005. - С. 231-242.
84. *Корниенко Н.Е., Задорожный В.И., Кутовой С.Ю., Сиденко Т.С.* Концепция векторных групповых и кратно некритичных фазовых синхронизмов для процессов преобразования частоты излучения в нелинейных кристаллах / Сборник докладов Международной научной конференции ФТТ-2005 26-28 октября 2005, Минск. - Т.2. - С. 253-255.
85. *Korniyenko M.E.* The Nonlinear-quantum Concept in Physics of the Condensed Environment / Праці I Міжнародної конференції «Електроніка та прикладна фізика», 24-27 листопада 2005, Київ. - С. 8-9.
86. *Корниенко Н.Е.* Аномальное возрастание ИК поглощения для последовательности обертонов дипольной моды ν3(F2)(SiO4) монокристаллического и дисперсного кварца / Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные проблемы физики твердого тела» (ФТТ-2007), 26-29 октября 2007, Минск. - Т.2. - С. 174-176.
87. *Гаваа Лувсан* Очерки методов восточной рефлексо-терапии. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 432 с.
88. *Вельховер Е.С.* Клиническая иридология. – М. : Орбита, 1992. - 432 с.
89. *Вельховер Е., Никифоров В., Радыш Б.* Локаторы здоровья. - М.: Мол. гвардия, 1991. - 207 с.
90. *Севастьянова Л.А.* Нетеплове эффекты миллиметрового излучения / Сб.научн.тр. ИРЭ АН СССР, М., - 1981. - С. 86-113.
91. *Андреев Е.А., Белый М.У, Ситько С.П.* Реакции организма человека на электромагнитное излучение милиметрового диапазона // Вестник АН СССР. – 1985. - № 1. - С. 24-32.
92. *Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. - М.: Радио и связь, 1991. - 168 с.
93. *Ситько С.П.* Решающее свидетельство в пользу концептуальных основ физики живого // Физика живого. - 1998. - N.6, № 1. - С. 6-9.
94. *Геращенко С.И.* Основы лечебного применения электромагнитных полей микроволнового диапазона. – Киев: Радуга, 1997. - 223 с.
95. *Корнієнко М.Є.* Багатохвильова теорія коливальної релаксації в рідинах / Матеріали XI Української школу-семінару "Спектроскопія молекул та кристалів", Харків, 10-16 травня 1993, Київ, АН України. - С. 93.
96. *Kornienko N., Mikhnytsky S.* Kinematics and dinamacs of multiwave nonlinear relaxation model of vibrational and electronic energy in water / International Bunsen

Discussion Meeting “Metastable Water”, Schloss Nordkirchen, Germany, September 22-26, 1999, Abstract. - P. 44.
97. *Нереш Паньямента* Цветопунктура для детей. Лечим лучом света в домашних условиях. - Санкт-Петербург, 1998. - 153 с.
98. *Кудрявцева А.Д.* Исследование формирования и самофокусировки вынужденного комбинационного рассеяния света в конденсированных средах // Труды ФИАН. – 1977. - Т.99. - С. 49-99.
99. *Kornienko N.E, Ponezha G.V., Ponezha O.O.* Fine line structure of stimulated Raman scattering spectra in organic liquids / 15th International Conference on Spectral Line Shapes ICSLS XV, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin, 10-14 July 2000, Program and Abstracts. - P. 108.
100. *Корниенко М.Є., Макара В.А., Стебленко Л.П., Калиниченко Д. И, Курилюк А.Н., Кутовой С.Ю, Шевченко В.Б.*, Долговременные изменения микротвердости и химических связей кремния при действии магнитного полоя и микроволнового излучения / Сборник материалов 47 Международная конференция «Актуальные проблемы прочности», 1-5 июля 2008 г., г. Нижний Новгород. – С. 3.
101. *Корниенко Н.Е.* Различные структурные состояния в жидкой воде и кинетика их перестройки / Тезисы докладов 1 Украинско-польского симпозиума по водородной связи (Одесса, 4-13 октября 1992 г.). - Киев, 1992. - С. 18.
102. *Дирак П.А.М.* Эволюция физической картины мира / В кн.: Элементарные частицы, серия «Над чем думают физики». - М. Наука, 1965. - .С. 123-139.

ПРО РАЗВИТОК НЕЛІНІЙНО-КВАНТОВОЇ МАКРОФІЗИКИ І НЕЛІНІЙНО-ХВИЛЬОВОЇ МОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КАНАЛІВ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ (ПРО ПРИРОДУ КИТАЙСЬКИХ МЕРИДІАНІВ)

Корнієнко М.Є.

Нелінійно-квантова макрофізика (НКМФ) базується на великому об’ємі спектральних і термодинамічних даних і об’єднує нелінійну електродинаміку і квантову механіку. В ній органічно переплітаються квантові і класичні закономірності і вона застосовна для вивчення рідин і біологічних об’єктів. Основні властивості системи енергетичних каналів живих організмів аналізуються на основі закономірностей нелінійної резонансної взаємодії хвильових збуджень і основних положень НКМФ, які є узагальненням начал термодинаміки. Нелінійно-хвильова модель китайських меридіанів базується на хвильовому просвітленні середовища для узгоджених з речовиною суперпозицій хвиль різних частот, взаємному резонансному фокусуванні хвиль з формуванням каоксіальних польових каналів і системи вузьких нелінійних квазірезонансів. Дається пояснення багатьох спостережуваних властивостей енергетичних каналів живих організмів.

Ключові слова: нелінійна резонансна взаємодія хвиль, нелінійно-квантова макрофізика, енергетичні канали (китайські меридіани) живих організмів, хвильове просвітлення речовини, взаємофокусування хвиль.

ABOUT DEVELOPMENT OF NONLINEAR-QUANTUM MACROPHYSICS AND NONLINEAR-WAVE MODEL OF ENERGY CHANNELS OF ALIVE ORGANISMS (ABOUT A NATURE OF THE CHINES MERIDIANES)

Korniyenko N.E.

The nonlinear-quantum macrophysics (NQMP) is based on great volume of spectral and thermodynamic data and unites nonlinear electrodynamics and the quantum mechanics. In it quantum and classical patterns are combines and it is applicable for studying liquids and biological objects. The basic properties of energy system of alive organisms are analyzed on the basis of behavior of nonlinear resonant interaction wave excitation and basic properties of NQMP which are generalization of the thermodynamics laws. The nonlinear-wave model of the chinese meridians is based on a wave clarification of medium for the superpositions of waves with different frequencies coordinated with substance, mutual resonant focusing of waves with formation coaxial field channels and system narrow nonlinear quasi-resonances. The explanation of many observable properties of energy channels of alive organisms is given.

Key words: nonlinear resonance wave interactions, nonlinear quantum macrophysics, energy channels (Chinese meridians) of living organisms, wave clarification of medium, mutual resonant focusing..

Физика живого, Т. 16, No1, 2008. С.73-80.



УДК 571.1

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КРАЙНЕ ИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА СОБСТВЕННУЮ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЮ СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА В УСЛОВИЯХ ЕГО НАСЫЩЕНИЯ ХЛОРОФОРМОМ

Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Мирошниченко Н.С., Артеменко А.Ю.

Киевский национальний университет имени Тараса Шевченко, биологическийфакультет, кафедра биофизики, e-mail: mavis@science-center.net

Поступила в редакцию 17.01. 2008

Изучено влияние магнитного поля (МП) частой 8 Гц 25 мкТл на собственную флуоресценцию сывороточного альбумина в воде, а также в воде в условиях насыщения воды и белка хлороформом. Обнаружено, что насыщение белка хлороформом приводит к исчезновению триптофановой флуоресцении и появлению полосы, соответсвующей триптофановой фосфоресцении. Показано, что воздействие МП на растворы альбумина приводит к изменениям пространственной структуры макромолекулы. Магнито-индуцированные изменения собственной флуоресценции сывороточного альбумина более выражены в условиях «структурного возмущения», вызванного нагрузкой данного белка неспецифическим низкомолекулярным гидрофобным лигандом – хлороформом, что подтверждает результаты ранее проведенных исследованиях на модели насыщения белка бензолом. Одной из главных особенностей указанных изменений является их динамичность и квазипериодичность во времени. Сделан вывод, что действие МП модифицирует характер квазипериодических колебаний, связанных с крупномасштабной динамикой в белковых растворах, что согласовывается с предыдущими данными, а также данными других исследователей.

Ключевые слова: магнитное поле, сывороточный альбумин, собственная флуоресценция белка, фосфоресценция триптофана, крупномасштабная динамика белков.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что эффекты воздействия магнитных полей крайне низких частот (МП КНЧ) проявляются на всех уровнях организации живых систем [1, 2]. Однако первичные механизмы действия МП КНЧ на молекулярном и физико-химическом уровне остаются мало изученными.

В предыдущих исследованиях было показано, что воздействие МП КНЧ может приводить к изменению гидрофильно-гидрофобного баланса в растворах белков. Так, в магнитном поле частотой 8 Гц изменяется растворимость бензола в воде, а также его неспецифическое связывание сывороточным альбумином [3]. Данные результаты подтверждаются флюориметрическими исследованиями [4]. Результаты этих экспериментов свидетельствуют об индуцированных бензолом и МП КНЧ конформационных изменениях в белковых макромолекулах.

Следует отметить, что молекула бензола является неполярной, с нулевым дипольным моментом. В тоже время, существует ряд низкомолекулярных веществ, которые относят к категории неполярных или слабополярных, но которые растворяются так же, как и бензол, по гидрофобному механизму и могут сорбироваться в гидрофобных полостях белков. Одним из таких наиболее часто используемых веществ является хлороформ, молекула которого имеет дипольный момент равный μ=1.06 D (для сравнения дипольный момент молекулы воды $\mu_{вода}$=1.84 D, а бензола $\mu_{бензол} \approx 0$ D)

В связи с этим целью данного исследования было выявить особенности влияния МП частой 8 Гц на собственную флуоресценцию сывороточного альбумина в воде, а также в условиях насыщения данного белка неспецифическим гидрофобным лигандом - хлороформом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования служили 0.1 %-ные растворы лиофильного коммерческого препарата бычьего сывороточного альбумина в дистиллированной воде. Буферные среды для приготовления белковых растворов не использовали по двум причинам. Во-первых, применяемая методика насыщения гидрофобными веществами водных растворов белков хорошо отработана [5] и на ее основе были проведены исследования влияния МП КНЧ на растворимость бензола в воде и водных растворах альбумина [3, 4]. Во-вторых, наличие дополнительных веществ, составляющих буферные

системы, сильно и нелинейно влияет на растворимость бензола в воде, однако характер этого влияния для буферных систем, используемых в биологических исследованиях, не известен и требует отдельных исследований.

В основе выбранной базовой экспериментальной модели гидрофобных взаимодействий лежит явление насыщения белковых растворов низкомолекулярными веществами гидрофобной природы, при котором происходит неспецифическое взаимодействие лиганда с гидрофобными полостями молекулы белка по гидрофобному механизму [5]. Насыщение растворов сывороточного альбумина хлороформом осуществляли в стеклянных бюксах объёмом 5 мл путем наслаивания 3 мл раствора белка на 1.5 мл хлороформа (без интенсивного встряхивания) с последующей инкубацией образцов в течение 1, 2, 4 и 24 часа при комнатной температуре. В таких «мягких» условиях насыщения, при которых равновесие в системе «хлороформ-вода-белок» устанавливается в течение 30 минут, происходит растворение хлороформа в воде по гидрофобному механизму и его связывание неполярными участками молекулы белка.

рН исходных растворов белка составляла 6.92. Контроль значений рН растворов осуществляли в каждой временной точке эксперимента, при этом вследствие естественного насыщения белковых растворов углекислотой воздуха в течение эксперимента имел место незначительный тренд в сторону уменьшения значений рН до 6.8. Тем не менее, в условиях указанного тренда значения рН как контрольных, так и в опытных образцах, были одинаковыми, что свидетельствовало о равенстве экспериментальных условий по данному параметру.

Импульсное МП создавали системой колец Гельмгольца. Источником тока служил генератор сигналов специальной формы Г6-28. Индукцию поля контролировали микротеслометром Г-79. Импульсы были прямоугольной формы и разной полярности. Частота МП составляла 8 Гц, индукция – 25 μТ. Вектор индукции создаваемого МП был параллелен вектору геомагнитного поля. Опытные образцы помещали в экспериментальную установку, генерирующую МП, экспозиция в которой составляла 1, 2, 4 и 24 часа. Контрольные пробы находились в условиях фоновых значений МП, интенсивность которых составляла 20-65 nT, что приблизительно в 500 - 1000 раз ниже интенсивности МП в кольцах Гельмгольца.

Флуоресцентные исследования проводили на базе кафедры биофизики Киевского национального университета имени Тараса Шевченко на спектрофлуориметре «ЛОМО» (Санкт-Петербург). Использовали флуоресцентный монохроматор МДР-23 с шириной щели 2.2. мм (точность настройки 0.01 мм), а также светосильный монохроматор МДР-12 с шириной щели 4 мм (точность настройки 0.01 мм); дифракционные решетки 200-500 нм с 1200 штрихов на 1 мм. Шаг сканирования спектров флуоресценции - 0.5 нм. Спектры собственной флуоресценции альбумина регистрировали при ее возбуждении на длинах волн, которые соответствуют максимумам поглощения фенилаланина (λ=255 нм), тирозина (λ=278 нм) и триптофана (λ=288 нм) в молекуле сывороточного альбумина.

Математический анализ полученных результатов исследования проводили в соответствии с общепринятыми правилами вариационной статистики. Среднестатистические спектры флуоресценции получали путем усреднения спектральных линий, полученных в повторных экспериментах (n=5). Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках 1-4 представлены спектры собственной флуоресценции сывороточного альбумина, находящегося в различных условиях (контроль, насыщение хлороформом, воздействие МП КНЧ), при возбуждении на разных длинах волн. Видно, что независимо от длины волны возбуждающего света регистрируется главным образом флуоресценция триптофана с максимумом на 338-340 нм, что хорошо согласуется с литературными данными [6, 7]. Флуоресценция фенилаланиновых и тирозиновых остатков в данном белке вносит малый вклад. Тем не менее, интенсивность флуоресценции триптофанового остатка сильно зависит от длины возбуждающего света. Из трех применяемых длин волн возбуждающего света минимальная интенсивность характерна для длины волны возбуждающего света 255 нм, соответствующая максимуму в спектре поглощения фенилаланина, а максимальная - для длины волны 288 нм, что соответствует максимуму поглощения триптофана в альбумине. Данное соотношение интенсивностей связано с одной стороны с тем, что спектр поглощения триптофана частично перекрывается со спектрами поглощения фенил-аланина и тирозина, а с другой – с разной вероятностью переноса энергии возбуждения на триптофановый флуорофор с других ароматических аминокислот.

Воздействие МП частотой 8 Гц приводит к небольшим, но в отдельных случаях достоверным изменениям спектров флуоресценции сывороточного альбумина. Эти изменения зависят от времени экспозиции. Так, при одночасовом воздействии МП достоверно ($p<0,05$) на 10% усиливалась флуоресценция при ее возбуждении на 255 нм, тогда как при возбуждении на 278 нм имело места только слабая тенденция (+4%) (рис. 1 А). Одновременно с этим происходило снижение интенсивности флуоресценции на 8% ($p<0,05$) при возбуждении на

длине волны 288 нм. При двухчасовой экспозиции растворов сывороточного альбумина в МП спектр флуоресценции данного белка при ее возбуждении на 255 нм не отличался от контрольного (рис. 2 А). Однако имело место достоверное ($p<0,05$) снижение интенсивности флуоресценции на 7% при ее возбуждении на 278 нм, и тенденция к снижению на 5% при возбуждении на 288 нм (рис. 2 А). Подобные изменения имели место при четырехчасовой экспозиции МП (рис. 3 А), а при суточной экспозиции достоверное ($p<0,05$) уменьшение интенсивности флуоресценции на 6% наблюдали только при ее возбуждении на 288 нм (рис. 4 А).

Наблюдаемые в данном эксперименте магнито-индуцированные изменения спектров флуоресценции примерно существенно меньше, по сравнению изменениями, обнаруженными другими исследователями для цитохрома *c* и для другого частотно-амплитудного дапазона МП [8].

Изменение интенсивности флуоресценции связано в первую очередь с тушащим действием окружающих флуорофор полярных молекул или химических групп. Так, повышение интенсивности флуоресценции при ее возбуждении на 255 нм после одночасовой экспозиции в МП (рис. 1 А) можно было бы объяснить снижением тушащего действия полярных групп аминокислотных остатков, окружающих триптофановый флуорофор. Но в таком случае подобное повышение должно наблюдаться и при возбуждении флуоресценции на других длинах волн. Этого, однако, не происходило. При этом интенсивность флуоресценции, возбуждаемой на длине волны, соответствующей максимуму поглощения триптофана 288 нм, снижалась (рис. 1 А). Это указывает на то, что воздействие МП частотой 8 Гц приводит к таким изменениям пространственной структуры молекулы альбумина, при которых повышается вероятность переноса энергии возбуждения на триптофан с фенилаланиновых остатков. Одновременно с этим усиливается взаимодействие триптофанового остатка с окружающими его полярными группами, что приводит к диссипации энергии возбуждения и, как следствие, к небольшому снижению интенсивности флуоресценции при ее возбуждении на 288 нм. При этом первый эффект преобладает над вторым. Подобным образом можно пояснить изменения в спектрах флуоресценции альбумина и при других магнитополевых экспозициях.

Таким образом, анализ спектров собственной флуоресценции сывороточного альбумина при ее возбуждении на разных длинах волн показывает, что воздействие слабого МП частотой 8 Гц 25 мкТл на растворы данного белка приводит к небольшим, но статистически достоверных, изменениям пространственной структуры макромолекулы. Главной особенностью указанных изменений является то, что они динамичны и их характер меняется во времени. Такая динамичность поведения белков и квазипериодичность их оптических свойств в магнитных полях описана в литературе [9,10]. Это явление хорошо поясняется в рамках теоретических представлений, развиваемых А. Кяйверяненном [11-14], при этом в такой крупномасштабной динамике обнаруживаются периоды в диапазоне минуты – десятки минут. На наш взгляд такая динамичность также может быть связана с влиянием данного физического фактора на процессы ассоциации-диссоциации белковых молекул, которые всегда имеют место в белковых растворах и которые сопровождаются небольшими структурными изменениями макромолекул, что отражается не только на спектрах флуоресценции, но на тонкой структуре спектров поглощения [15]. Молекула белка вместе с водной фазой представляют собой единое целое, которое характеризуются определенной динамикой во времени [9,10,11,13]. Белок, как динамическая молекулярная конструкция, оказывает существенное воздействие на водное окружение [16], а водное окружение, в свою очередь, оказывает влияние на динамику белковой молекулы [12]. Молекулы белка в растворе вследствие взаимодействия друг с другом могут обратимо образовывать агрегаты. Таким образом, в растворе белка устанавливается определенная временная иерархия структурных переходов начиная с времен порядка10^{-9} с до десятки секунд - десятки минут [13]. Характер такой иерархии изменяется при действии разнообразных факторов, в том числе и МП [9,10].

Связывание хлороформа с сывороточным альбумином приводит к масштабным изменениям в спектрах собственной флуоресценции данного белка (рис. 1-4 Б). Практически исчезает собственная флуоресценция триптофана в области 338-340 нм, которая характерна для нативного состояния и проявляется даже при взаимодействии данного белка с бензолом [4]. На этом фоне становится заметной тирозиновая флуоресценция с максимумом 305 нм. Считается, что флуоресценция тирозина малочувствительна к изменению свойств окружения, по сравнению с триптофаном [17]. Видимо, поэтому она сохраняется на характерной полосе с максимумом 305 нм. В то же время интенсивность флуоресценции при ее возбуждении на 288 нм, т.е. на линии максимума поглощения триптофана была практически такая же, как и при возбуждении на длине волны максимума поглощения тирозина. Можно предположить, что в результате конформационных перестроек, вызванных связыванием хлороформа, полярность окружения триптофана существенно уменьшается и спектр его люминесценции смещается в синюю область примерно на 30 нм. Это очень сильные

изменения, но сдвиги такого порядка описаны в литературе, частности, для белка мелиттина при его укладки в тетрамерную структуру [18]. При этом создаются такие условия, когда либо происходит очень быстрая диссипация энергии возбуждения данного хромофора, что приводит к падению квантового выхода его флуоресценции в 4-5 раз, либо наоборот создаются такие условия, при которых энергия возбуждения не диссипирует и триптофан находится длительное время в возбужденном состоянии, при этом повышается вероятность его перехода в триплетное состояние с последующими фосфоресцентным излучением, сопровождающееся диссипацией значительной части энергии электронного возбуждения. Вероятно, именно по этой причине в регистрируемых нами спектрах флуоресценции появляется еще один максимум – максимум фосфоресценции в области 445-450 нм. Он не связан с повышением полярности окружения триптофана, так как в воде максимум флуоресценции лежит в пределах 348-352 нм [18]. Подобное явление может иметь место, если остаток триптофана находится в плотном гидрофобном окружении [19]. Таким образом, в условиях нагрузки белка хлороформом тепловая подвижность данного хромофора сильно снижается («замораживается»), в результате чего вероятность диссипации энергии электронного возбуждения из синглетного состояния снижается, при этом повышается вероятность перехода триптофана в триплетное состояние.

Следует отметить, что в водных растворах переход органических хромофоров в триплетное состояние, как правило, не происходит из-за высокой подвижности хромофоров и диссипации энергии в результате их взаимодействия с молекулами растворителя. Обычно считается, что фосфоресценцию органических веществ можно наблюдать лишь в стеклах, где их тепловая подвижность сильно ограничена. Однако состояние триптофана в белке существенно отличается от его состояния в растворе. Во-первых, он «вмонтирован» в относительно жесткую полипептидную цепь, а во-вторых, - он расположен в гидрофобной полости, в которой на тепловую подвижность аминокислотных радикалов накладываются определенные ограничения. Связывание слабополярных молекул хлороформа в гидрофобных полостях и образование белковых агрегатов, видимо, является дополнительным ограничивающим фактором, который переводит ближайшее окружение триптофана в «стеклоподобное» состояние.

Насыщение альбумина хлороформом в условиях воздействия МП КНЧ сопровождается более сильными изменениями спектров флуо- и фосфоресценции (рис. 1-4 Б), по сравнению с изменениями, обнаруженными в экспериментах с насыщением альбумина бензолом [4]. Однако характер этих изменений тоже зависит от времени экспозиции.

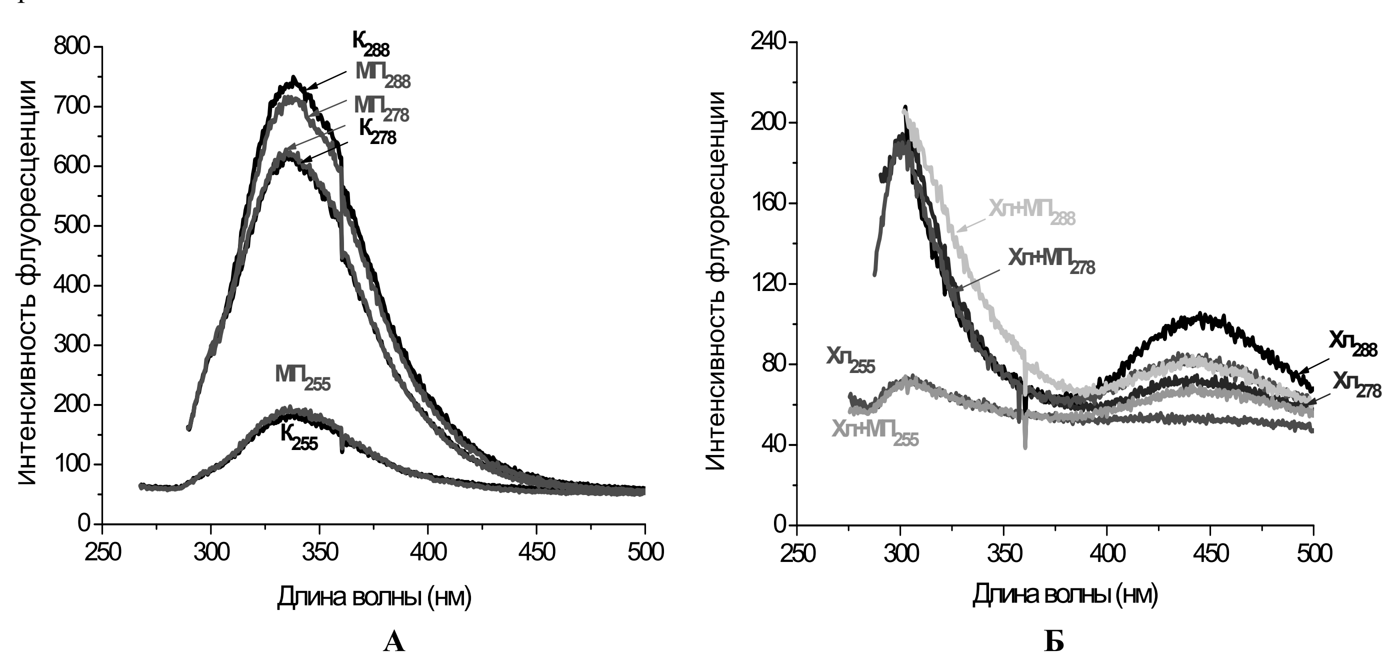


Рис. 1.. Спектры собственной флуоресценции сывороточного альбумина при одночасовой экспозиции в магнитном поле частотой 8 Гц 25 мкТл без насыщения (А) и при насыщении хлороформом (Б): К – контрольные образцы; МП – экспозиция в магнитном поле; Хл - насыщение белка хлороформом; Хл+МП - насыщение белка хлороформом под действием МП. Цифры при λ обозначают длину волны возбуждающего света.

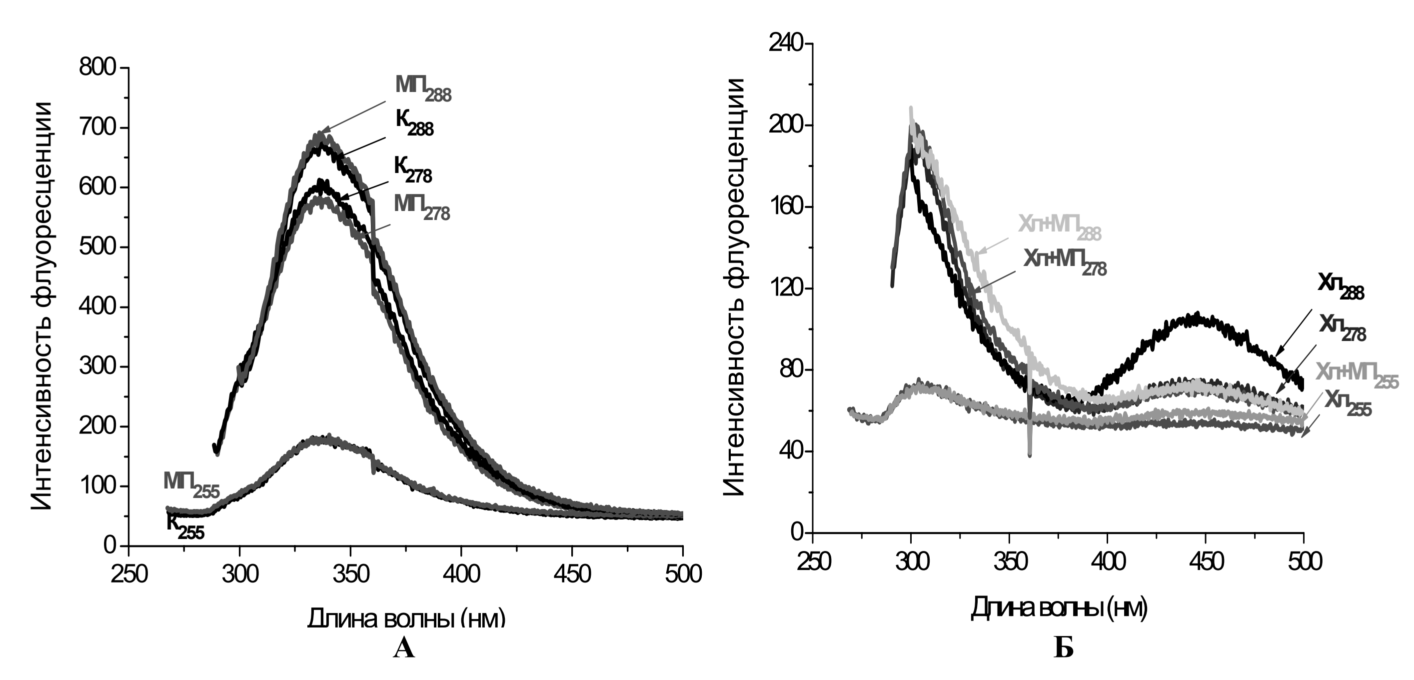


Рис. 2. Спектры собственной флуоресценции сывороточного альбумина при двухчасовой экспозиции в магнитном поле частотой 8 Гц 25 мкТл без насыщения (А) и при насыщении хлороформом (Б): К – контрольные образцы; МП – экспозиция в магнитном поле; Хл - насыщение белка хлороформом; Хл+МП - насыщение белка хлороформом под действием МП. Цифры при **λ** обозначают длину волны возбуждающего света.

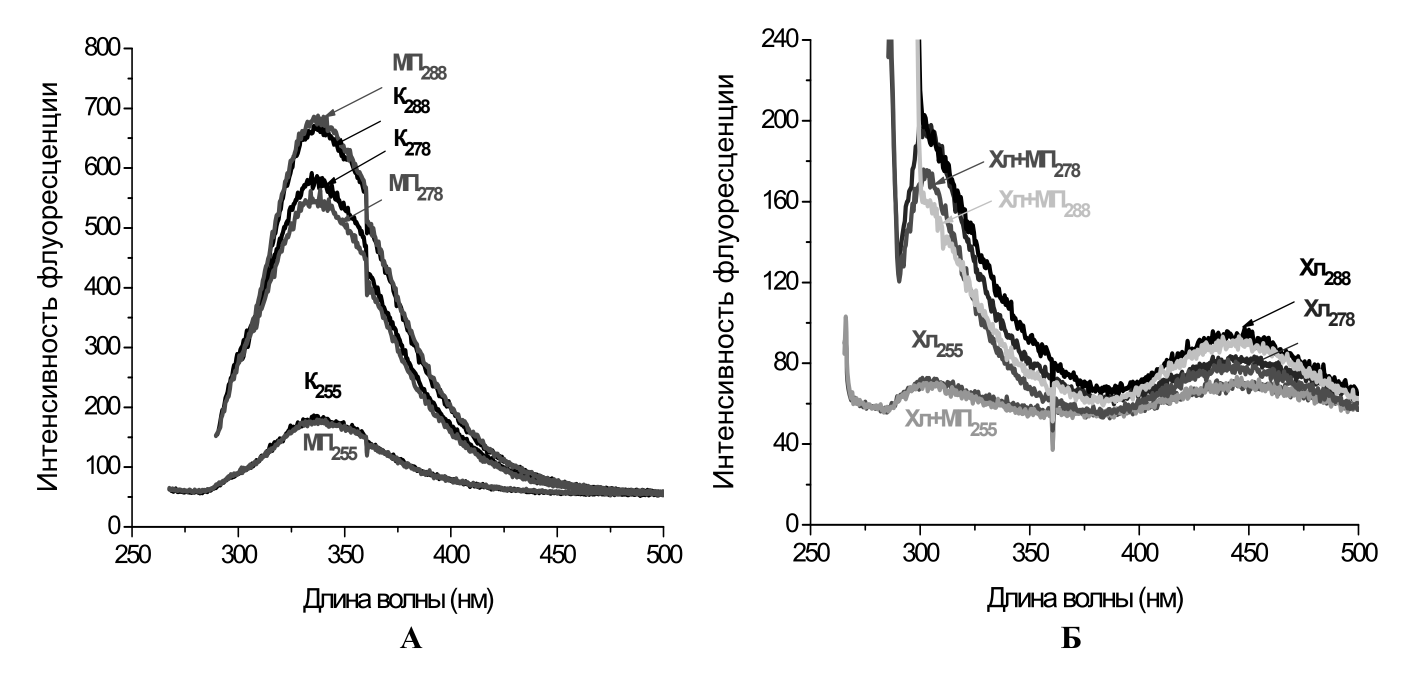


Рис. 3. Спектры собственной флуоресценции сывороточного альбумина при четырехчасовой экспозиции в магнитном поле частотой 8 Гц 25 мкТл без насыщения (А) и при насыщении хлороформом (Б): К – контрольные образцы; МП – экспозиция в магнитном поле; Хл - насыщение белка бензолом; Хл+МП - насыщение белка хлороформом под действием МП. Цифры при **λ** обозначают длину волны возбуждающего света.

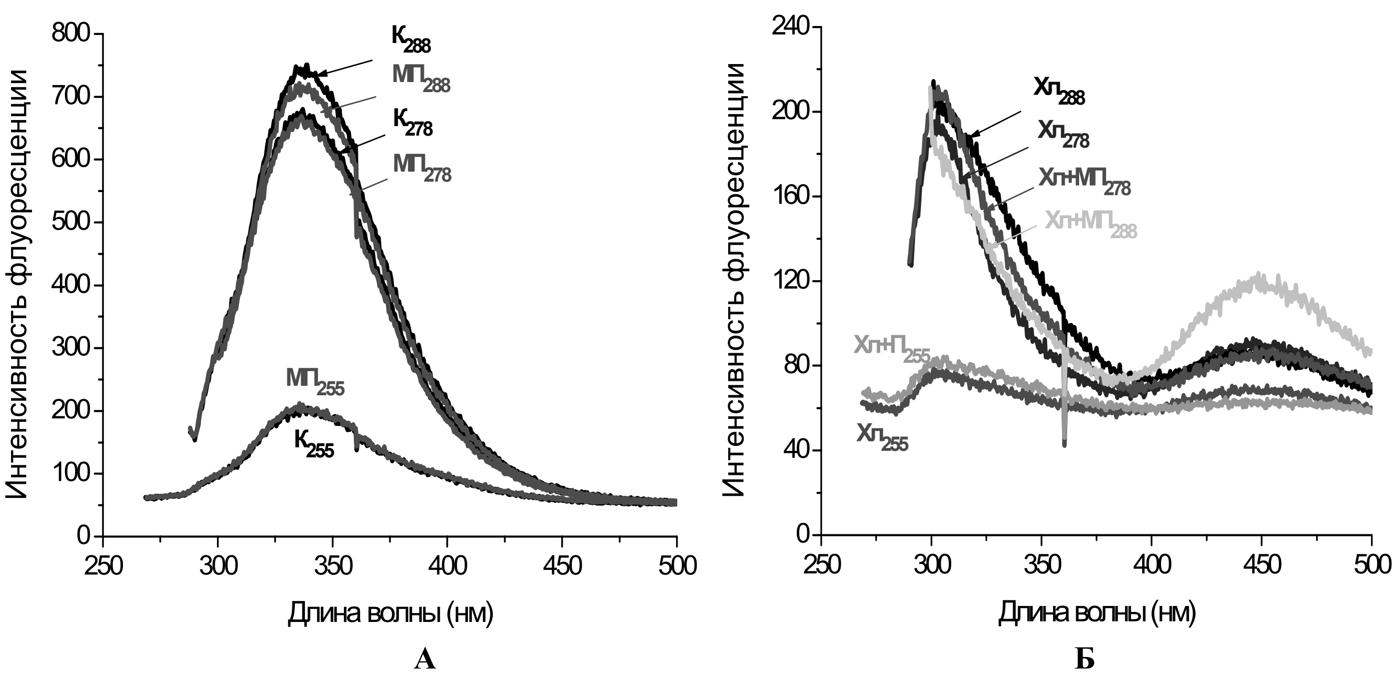


Рис. 4. Спектры собственной флуоресценции сывороточного альбумина при суточной экспозиции в магнитном поле частотой 8 Гц 25 мкТл без насыщения (А) и при насыщении хлороформом (Б): К – контрольные образцы; МП – экспозиция в магнитном поле; Хл - насыщение белка бензолом; Хл+МП - насыщение белка хлороформом под действием МП. Цифры при **λ** обозначают длину волны возбуждающего света.

Так, при одночасовом насыщении хлороформом белковых растворов в переменном магнитном поле имели место следующие изменения. При возбуждении люминесценции на длине волны 255 флуоресценция тирозиновых остатков с максимумом на 305 нм не изменялась (рис. 1 Б). Однако, воздействие МП КНЧ приводило к появлению фосфоресценции триптофана, которая в растворах альбумина, насыщаемого хлороформом без магнитнополевого воздействия, отсутствовала. Поэтому величину данного эффекта в относительных единицах трудно рассчитать. Фактически она составляет несколько порядков. При возбуждении свечения на длине волны 278 нм флуоресценция образцов, подвергнутых воздействию МП КНЧ, не изменялась, тогда как фосфоресценция усилилась. В то же время действие МП КНЧ повышало интенсивность флуоресценции в полосе 300-370 нм и на 45% снижало интенсивность фосфоресценции в полосе 400-500 нм при возбуждении свечения на длине волны 288 нм (рис. 1 Б).

При двухчасовом воздействии МП КНЧ различия в свечении образцов при возбуждении хромофоров на длинах волн 255 и 278 были менее выражены, однако снижение фосфоресценции на максимуме 547 нм более выражено, чем при одночасовом воздействии МП КНЧ и составляет 57-58% относительно интенсивности свечения неомагниченных образцов (рис. 2 Б).

При четырехчасовой экспозиции образцов в МП КНЧ различия в спектрах флуо-фосфоресценции были минимальными (рис. 3 Б). В то же время суточная магнитнополевая экспозиция растворов альбумина, насыщаемых хлороформом, приводила к наиболее сильным сдвигам в спектрах флуо- и фосфоресценции (рис. 4 Б). При возбуждении свечения на длине волны 255 нм интенсивность флуоресценции тирозиновых хромофоров относительно фонового уровня сигнала увеличилась на 20%, а фосфоресценция триптофана – уменьшалась почти на 50% (рис. 4 Б). Подобные, но менее выраженные изменения имели место при возбуждении свечения белковых растворов на длине волны 278 нм. При возбуждении свечения на длине волны 288 нм были выявлении противоположные изменения, в частности интенсивность флуоресценции триптофана относительно интенсивности уровня свечения образцов, не подвергавшихся воздействию МП КНЧ, на 10-15% уменьшилась, а фосфоресценции – в два раза повысилась (рис. 4 Б).

Возникает вопрос о том, в какой степени согласуются результаты исследования спектров флуоресценции с данными об изменениях дифференциальных спектров сывороточного альбумина [20] и тонкой структуры спектров поглощения в ультрафиолетовой области [15].

Во-первых, все без исключения спектральные данные свидетельствуют о динамичности процесса насыщения растворов белка хлороформом.

Во-вторых, воздействие МП существенным образом модифицирует эту динамику вследствие увеличения адсорбции хлороформа гидрофобными

полостями и другими участками белка. Причиной увеличения адсорбции хлороформа молекулами белка, предположительно, может быть изменение гидрофильно-гидрофобного баланса в водно-коллоидных системах, приводящее изменению растворимости хлороформа в воде.

ВЫВОДЫ

1. Неспецифическое связывание хлороформа сывороточным хлороформа альбумином приводит к исчезновению триптофановый флуоресценции и возникновению фосфоресценции триптофана, что свидетельствует снижении подвижности данного аминокислотного остатка и его гидрофобного окружения.

2. Процесс насыщения белковых полостей хлороформом является динамическим и сопровождается квазипериодическими колебаниями параметров собственной люминесценции белков, что свидетельствует о наличии в белковых растворах крупномасштабной динамики с временами порядка минут и десятки минут.

3. Воздействие МП КНЧ модифицирует характер квазипериодических колебаний, связанных с крупномасштабной динамикой в белковых растворах, что согласуется с полученными ранее данными по динамике спектров поглощения растворов разных белков [20, 21], а также данными других исследователей [9, 10, 12, 14].

Литература

1. *Бинги В.Н.* Магнитобиология. Эксперименты и модели. – М.: Изд–во МИЛТА, 2002. – 592 с.
2. *Гуляр С.А., Лиманский Ю П.* Постоянные магнитные поля и их применение в медицине. – Киев, Изд-во Ин-та физиологии им. А.А. Богомольца, 2006. – 320 с.
3. *Мартынюк В.С., Шадрина О.Г.* Влияние переменного магнитного поля крайне низкой частоты на растворимость бензола в воде и растворах белка // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1999. – № 2. – С. 61 – 63.
4. *Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Мирошниченко Н.С., Артеменко А.Ю.* Влияние магнитного поля крайне низкой частоты на собственную флуоресценцию сывороточного альбумина в условиях его насыщения бензолом // Физика живого. - 2007. - Т. 15, № 2. – С. 11-17.
5. *Измайлова В.Н., Ребиндер П.А.* Структурообразование в белковых системах. -М.:Наука, 1974. - 286 с.
6. *Зима В.Л., Драган А.И., Богач П.Г.* Флуолресценция и температурно-пертурбационные дифференциальные спектры триптофана в гидрофобном окружении // Доклады АН УССР. Серия «Б». – 1978. - № 11. – С. 1018-1022.
7. *Лакович Дж.* Основы флуоресцентной спектроскопии. - М.: Мир, 1986. – 496 с.
8. *Новиков В.В., Кувичкин В.В., Фесенко Е.Е.* Влияние слабых комбинированных постоянного и переменного низкочастотного магнитных полей на собственную флуоресценцию ряда белков в водных растворах // Биофизика. – 1999. – Т. 44, № 2. – С. 224 – 230.
9. *Черников Ф.Р.* Влияние некоторых физических факторов на колебания светорассеяния в воде и водных растворах биополимеров // Биофизика. – 1990. – Т. 35. – в. 5. – С. 711- 715.
10. *Черников Ф.Р.* Сверхмедленные колебания светорассеяния в жидкостях разного типа // Биофизика. – 1990. – Т. 35. – Вып. 5. – С. 717- 721.
11. *Кяйверяйнен А.И.* Динамическое поведение белков в водной среде и их функции. - Л.:Наука, 1980. - 272 с.
12. *Kaivarainen A.* The effect of large-scale dynamics of serum proteins over solvent properties. New mechanism of regulation in biological systems // Ann. Immunol. Hung. – 1986. - Vol. 26. – P. 425-444.
13. *Kaivarainen A.* Hierarchic Concept of Matter and Field. Water, biosystems and elementary particles. - New York, USA, 1995. - 485 p.
14. *Kaivarainen A., Fradkova L., Korpela.T.* Determination of the large and small-scale dynamics contributions into heat capacity of protein solutions. A new viscosity approach // Acta Chem. Scand. – 1993. – Vol. 47. – P. 456-460.
15. *Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Калиновский П.С.* Влияние электромагнитного поля крайне низкой частоты на конформационное состояние сывороточного альбумина при его насыщении хлороформом // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т.7, № 1. – С. 86-90.
16. *Ebbinghaus S., Joong Kim S., Heyden M., Yu X., GruebeleM., Leitner D.M., Havenith M.* Protein Sequence- and pH-Dependent Hydration Probed by Terahertz Spectroscopy // J. Am. Chem. Soc. – 2008. – Vol.130, N 8. – P. 2374 -2375.
17. *Демченко А.П.* Люминесценция и динамика структуры белков. – Киев: Наукова думка, 1988. – 280 с.
18. *Емельяненко В.И., Грищенко В.М., Бурштейн Э.А.* Компонентный анализ спектров триптофановой флуоресценции мелиттина в процессе олигомеризации // Биофизика. – 2005. – т.50, № 4. – С. 623 -630.
19. *Мажуль В.М., Кананович С.Ж.* О возможности белка существовать во множестве частично свернутых состояний // Биофизика. – 2004. – Т. 49, № 3. – С. 413 – 423.
20. *Martynyuk V.S., Kalinovsky P.S.* Tseisler Yu.V. Influence of 8 Hz Magnetic Fiseld on The Binding of Chloroform With Proteins // Biophysics.- 2004.–V. 49.– N. 1.– P.17-22.
21. Martynyuk V.S., Tseysler Yu. V. The Hydrophobic-Hydrophilic Balance in Water Solution of Proteins as The Possible Target for Extremely Low Frequency Magnetic Fields // In: Biophotonics and Coherent Systems in Biology - Berlin-Heidelberg- New York: Springer, 2006. – P. 105 – 122.

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НАДНИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ НА ВЛАСНУ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЮ СИРОВАТКОВОГО АЛЬБУМІНУ В УМОВАХ ЙОГО НАСИЧЕННЯ ХЛОРОФОРМОМ

Мартинюк В.С., Цейслєр Ю.В., Мірошниченко М.С., Артеменко О.Ю.

Досліджено вплив магнітного поля (МП) частою 8 Гц 25 мкТл на власну флуоресценцію сироваткового альбуміну у воді, а також у воді в умовах насичення води і білка хлороформом. Встановлено, що насичення білка хлороформом призводить до зникнення триптофанової флуоресценії і виникненню смуги, що відповідає фосфоресценції триптофану. Показано, що дія МП на розчини альбуміну призводить до змін просторової структури макромолекули. Магнітоіндуковані зміни власній флуоресценції сироваткового альбуміну більш виражені в умовах «структурного збурення», що викликане навантаженням даного білка неспецифічним низькомолекулярним гідрофобним лігандом – хлороформом, що підтверджує результати раніше проведених дослідженнях на моделі насичення білку бензолом. Однією з головних особливостей вказаних змін є їх динамічність і квазіперіодичність в часі. Зроблено висновок, що дія МП модифікує характер квазіперіодичних коливань, пов'язаних з великомасштабною динамікою в білкових розчинах, що узгоджується з попередніми даними, а також даними інших дослідників.

Ключові слова: магнітне поле, сироватковий альбумін, власна флуоресценція білку, фосфоресценція триптофану, великомасштабна динаміка білків.

INFLUENCE OF EXTREMELY LOW FREQUENCY MAGNETIC FIELDS ON OWN FLUORESCENCE OF SERUM ALBUMIN UNDER ITS SATURATION BY CHLOROFORM

Martynyuk V.S., Tseyslyer Yu.V., Miroshnychenko M.S., Artemenko O.Yu.

The influence of magnetic field (MF) with 8 Hz 25 microtesla on own fluorescence of serum albumin in water and in water under saturation by chloroform was studied. It was revealed that the satiation of albumin by chloroform brings to disappearance of triptophane fluorescence and appearance of triptophane phosphorescence. It was shown that influence of MF change conformation of protein macromolecule. MF-associated changes of own fluorescence of serum albumin is more significant in condition of "structural disturbances" that induced by loading of protein molecules by nonspecific low-molecular hydrophobic ligand – chloroform. The dynamicity and quasi-periodicity of revealed changes are the one of the main features of MF-influence on proteins. Influence of MF modifies the character of quasi-periodical oscillations that related to the large-scale dynamics in protein solutions. These conclusions confirm the previous results, and also results of other researchers.

Key words: magnetic field, serum albumin, protein own fluorescence, triptophane phosphorescence, large-scale dynamics of proteins.

Физика живого, Т. 16, No1, 2008. С.82-90.



УДК 577.1:612.821

НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА: ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕССЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ

Чуян Е.Н., Раваева М.Ю., Трибрат Н.С.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,
Центр коррекции функционального состояния человека
e-mail: elena-chuyan@rambler.ru

Поступила в редакцию 12.03.2008

В статье описаны изменения в системе микроциркуляции, возникающие под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты, исследуемые методом лазерной допплеровской флоуметрии. Показано, что курсовое воздействие данного физического фактора приводит к улучшению функционирования микроциркуляторного русла, выражающееся в увеличении функционирования активных механизмов контроля микрокровотока.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, метод лазерной допплеровской флоуметрии, микроциркуляция

ВВЕДЕНИЕ

Нарушения микроциркуляции служат одним из стереотипных признаков поврежденной функции органов и тканей. Многими экспериментальными и клиническими исследованиями показано, что под влиянием электромагнтных излучений крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) происходит нормализация процессов микроциркуляции, выражающаяся в уменьшении периваскулярных нарушений и неравномерности диаметра венул и артериол [1-4]. Именно этим объясняется выраженный клинический эффект КВЧ-терапии при облитерирующем эндартериите [5], остеомиелите [6]. Исследование микроциркуляции в бульбарной конъюнктиве больных ишемической болезни сердца на фоне миллиметровой-терапии (мм-терапии) показало значительное снижение общего конъюнктивального индекса, индекса сосудистых и внутрисосудистых изменений. Отмечено увеличение калибра артериол, числа функционирующих петель лимба, уменьшение количества эритроцитарных агрегатов в венулах. В.А. Люсовым и др. [7] было отмечено улучшение микроциркуляции в сердечной мышце у больных нестабильной стенокардией, получавших курс КВЧ-терапии. Причем, мм воздействие оказалось более эффективно при коррекции артериального мозгового кровотока, нежели венозного оттока у больных гипертонической болезнью [8]. Воздействие мм волнами показало свою эффективность и при нормализации микроциркуляторных расстройств у больных пародонтозом [9].

Однако данные исследований о влияния низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции достаточно противоречивы. Вероятно, это связано с разнообразием методов исследования микрокровотока. Так, существует множество методов, позволяющих изучить особенности структуры и функционирования микроциркуляторного русла, которые при этом не позволяют выявить особенности регуляции микрокровотока.

Вместе с тем, в настоящее время в клиническую и экспериментальную практику внедряется новый неинвазивный метод исследования микроциркуляции – лазерная допплеровская флоуметрия (ЛДФ), позволяющая не только оценить общий уровень периферической перфузии, но и выявить особенности регуляции микрокровотока. Достоинством метода ЛДФ является его возможность измерения показателей микрокровотока *in vivo* и безконтактно, что очень важно для тестирования микрогемодинамики, которая изменяет свои показатели при любой попытке подключения датчиков к капиллярам [10]. Другой важной особенностью ЛДФ является возможность получения большого количества измерений (тысячи в минуту), их регистрации и обработки в реальном масштабе времени [11-13], что, в частности,

позволяет создавать мониторинговые системы ЛДФ. Последние в перспективе дают возможность анализировать весь спектр ритмических процессов в микрососудах от пульсовых до циркадных [10].

Однако данные о влиянии ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции, исследуемые методом ЛДФ, единичны [14-15]. Поэтому целью данной работы является оценка влияния низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции методом ЛДФ. Изучение этого вопроса имеет как практическое значение, поскольку расстройства микроциркуляции являются одним из основных звеньев патогенеза многих заболеваний, так и теоретическое. Это связано, во-первых, с тем, что объемно-скоростные характеристики процесса гемомикроциркуляции служат важнейшим источником информации о состоянии тканей, органов и организма в целом [14], а, во-вторых, рецепция ЭМИ КВЧ, помимо периферических элементов нервной системы, клеток диффузной нейроэндокринной и иммунной систем, также может осуществляться и микроциркуляторной системой кожи [5]. Поэтому исследования изменений процессов микроциркуляции под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ вносит определенный вклад в понимание механизма действия этого физического фактора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на 40 студентах-волонтерах женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых. Испытуемые были разделены на две равноценные группы по 20 человек в каждой. Испытуемые экспериментальной группы подвергались действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а волонтеры контрольной – ложному воздействию данного физического фактора (плацебо). Экспериментальное воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось на протяжении 10 дней, ежедневно, в утреннее время суток на 7-ми канальном аппарате «РАМЕД. ЭКСПЕРТ-04» (λ=7,1 мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности – 0,1 мВт/см^2) (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ№783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Воздействие осуществлялось по 30 минут на области биологически активных точек, а именно GI15 правого плечевого сустава и на симметричные Е-34, RP-6, GI-4 . Выбор этих точек обусловлен их общеукрепляющим и стимулирующем действием на организм.

В целях изучения микроциркуляции крови использовался метод ЛДФ, основанный на оптическом зондировании тканей монохроматическим излучением и анализе частотного спектра, отраженного от движущихся эритроцитов сигнала. ЛДФ осуществляли лазерным анализатором кровотока «ЛАКК-02» во втором исполнении (производство НПП «Лазма», Россия) с двумя источниками лазерного излучения, работающими на длине волны 0,8 мкм. Исследование состояния микроциркуляции проводили на 1, 3, 5, 7, 10 сутки эксперимента в утреннее время, сразу после КВЧ-воздействия. Испытуемые во время исследования находились в положении сидя. Головка оптического зонда (датчика прибора) фиксировалась на наружной поверхности левого предплечья на 4 см выше шиловидных отростков; рука располагалась на уровне сердца. Согласно мнению некоторых авторов [16] указанная зона является зоной Захарьина-Геда сердца, бедна артерио-венулярными анастомозами, поэтому в большей степени отражает кровоток в нутритивном русле и в меньшей степени подвержена воздействиям окружающей среды, в связи с этим рекомендуется для исследования микроциркуляции. Длительность стандартной записи составляла 4 мин.

Оценивали следующие показатели микроциркуляции:

М (перф.ед.) – показатель постоянной составляющей средней перфузии в микроциркуляторном русле за определенный промежуток времени исследований, представляющий собой среднее арифметическое значение показателя микроциркуляции; характеризуется изменчивостью, которая зависит от индивидуальных особенностей, временной вариабельности, физической активности, температурного режима [17];

σ (флакс, СКО, перф.ед) – средние колебания перфузии относительно среднего значения потока крови М, характеризующие временную изменчивость перфузии; данный показатель отражает среднюю модуляцию кровотока во всех частотных диапазонах;

Кв (%) – коэффициент вариации, который характеризует соотношение между изменчивостью перфузии (флаксом) и средней перфузией (М) в зондируемом участке тканей, который вычисляется по формуле:

$$Кв = СКО/М*100\% \quad (1)$$

Амплитудный анализ частотного спектра колебаний кожного кровотока производился на основе использования математического аппарата Фурье-преобразования и специальной компьютерной программы цифровой фильтрации регистрируемого ЛДФ-сигнала. Анализировались следующие характеристики амплитудно-частотного спектра: очень низкочастотные (или эндотелиальные, VLF), низкочастотные (или вазомоторные, LF), дыхательные (быстрые, парасимпатические, HF) и пульсовые (или кардиальные, CF) колебания кожного кровотока (табл.1). Необходимо отметить, что низкочастотные колебания включают в свой частотный диапазон как

нейрогенные колебания (0,02-0,05Гц) [18-20], обусловленные низкочастотным симпатическим адренергическим влиянием на гладкие мышцы артериол и артериолярных участков артерио-венулярных анастомозов, так и миогенные колебания (0,06-0,2 Гц) [21], контролирующие мышечный тонус волокон прекапилляров.

Таблица 1

Амплитудно-частотные характеристики-осцилляций кожного кровотока

	Название характеристик ритмов колебаний тканевого кровотока	Частотный диапазон	Физиологическое значение
Пассивные механизмы регуляции микрокровотока	Пульсовые волны (сердечные волны, cardio frequency, CF)	0,8-0,16 Гц 50-90 кол/мин	Обусловлены изменением скорости движения эритроцитов в микрососудах, вызываемым перепадами систолического и диастолического давления. Амплитуда отражает тонус резистивных сосудов.
	Дыхательные волны (респираторно-связанные колебания, high frequency, HF)	0,15-0,4 Гц 12-24 кол/мин	Связаны с венулярным звеном. Обусловлены динамикой венозного давления при легочной механической активности, присасывающим действием «дыхательного насоса».
Активные механизмы модуляции микрокровотока	Эндотелиальные колебания (very low frequency, VLF)	0,0095-0,02 Гц [21, 23]	Обусловлены функционированием эндотелия, а именно выбросом вазодилататора NO
	Вазомоторные колебания, LF	0,02-0,2Гц 1,2-12 кол/мин. [24]	Связаны с работой вазомоторов (гладкомышечных клеток в прекапиллярном звене резистивных сосудов)

Такая нормировка позволяет исключить влияние нестандартных условий проведения исследований.

Интегральным показателем, характеризующим соотношение механизмов активной и пассивной модуляции является индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ), который вычислялся по формуле

ИЭМ=A(LF) /A(CF) +A(HF), (3)

где А – амплитуды ритмов VLF, LF, CF, HF (см. табл.1).

Статистическая обработка материала проводилась путем вычисления среднего значения исследуемых величин ($\bar{\delta}$), среднего квадратического отклонения (δ), средней ошибки ($S\bar{\delta}$) для каждого показателя. Оценка достоверности различий между данными, полученными в исследуемых группах, проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты проведенного исследования, изученные показатели микроциркуляции у испытуемых контрольной группы на протяжении эксперимента достоверно не изменялись по отношению к исходным значениям. Однако у волонтеров экспериментальной группы происходили достоверные изменения этих показателей по отношению к значениям их у испытуемых контрольной группы. Так, показатель перфузии (М) у испытуемых экспериментальной группы при воздействии ЭМИ КВЧ достоверное увеличивался показателя микроциркуляции с 3-их по 10-ые сутки наблюдения в среднем на 16,16% ($p \leq 0,05$) по отношению к значениям этого показателя у испытуемых контрольной группы. Максимальное увеличение показателя М на 18,62% ($p \leq 0,01$) зарегистрировано на 5-е сутки воздействия ЭМИ КВЧ в сравнении с соответствующим показателем у волонтеров контрольной группой (рис.1). Критерий М связан с концентрацией эритроцитов в зондируемом объеме в единице времени и поэтому указывает лишь на уровень перфузии, поэтому, для более полной оценки состояния микроциркуляции необходим анализ флакса, коэффициента вариации и амплитудно-частотного спектра.

Выявлено, что уровень флакса достоверно увеличивался по отношению к значениям у испытуемых контрольной группы с 5-ых суток на 220,1% ($p \leq 0,01$) по 10-е сутки на 193,88% ($p \leq 0,01$), достигая при этом максимальной статистической значимости на 7-е сутки эксперимента (186,08%; $p \leq 0,001$).

Поскольку флакс отражает среднюю модуляцию кровотока во всех частотных диапазонах [17], то увеличение этого параметра

свидетельствует о более глубокой модуляции микрокровотока. Повышение СКО может быть обусловлено интенсивным функционированием механизмов активного контроля микроциркуляции.

Вместе с тем, в течение эксперимента наблюдалось увеличение Кв на 7-е и 10-е сутки в среднем на 94,74% ($p \leq 0,05$) в сравнении со значениями у испытуемых, не подвергавшихся действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. Поскольку увеличение этого коэффициента связано с активацией эндотелиальной секреции, вазомоторного механизма контроля микроциркуляторного русла [17], то можно говорить об улучшении состояния микроциркуляции под влиянием ЭМИ КВЧ за счет увеличения активных механизмов регуляции микрокровотока.

Наиболее полное представление о функционировании механизмов контроля микроциркуляторного русла дает анализ ритмических составляющих амплитудно-частотного спектра ЛДФ-граммы. Ритмическая структура флаксмоций, выявляемая с помощью амплитудно-частотного анализа, есть результат суперпозиции различных эндотелиальных, вазомоторных, дыхательных, сердечных и других косвенных влияний на состояние микроциркуляции [22]. Очень низкочастотный эндотелиальный (VLF), низкочастотный вазомоторный (LF) механизмы регуляции тонуса сосудов относят к активным факторам контроля микроциркуляции, они модулируют поток крови со стороны сосудистой стенки, создают поперечные колебания мышц кровотока в результате чередования сокращения и расслабления мышц сосудов и реализуются через ее мышечный компонент. Факторы, вызывающие колебания кровотока вне системы микроциркуляции называют пассивными, они организуют продольные колебания, выражающиеся в периодическом изменении объема крови в сосуде, к ним относят пульсовую волну (CF) со стороны артерий и респираторные колебания (HF) со стороны вен [17].

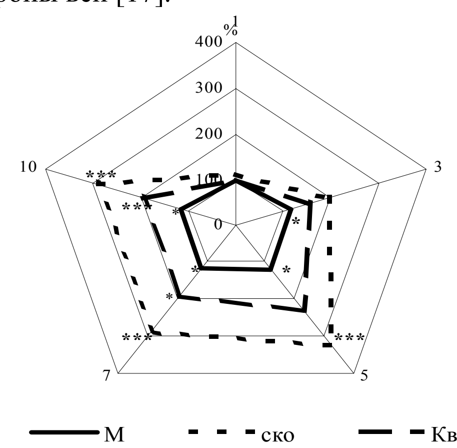


Рис. 1. Динамика показателя перфузии (М), флакса (СКО), коэффициента вариации (Кв) (в % относительно значений у испытуемых контрольной группы, принятых за 100%).

Примечания: * - $p \leq 0,05$;*** - $p \leq 0,01$, достоверность по отношению к значениям у испытуемых контрольной группы по t-критерию Стьюдента.

Результаты исследований показали, что у волонтеров экспериментальной группы происходило достоверное увеличение амплитуды эндотелиальных (VLF) колебаний на с 3-их по 10-е стуки в среднем на 25,09% ($p \leq 0,01$) относительно значений амплитуд VLF у испытуемых контрольной группы (рис. 2). Известно, что колебания с частотой около 0,01 Гц обусловлены функционированием эндотелия (выбросом основного вазодилататора NO) [21]. Повышение амплитуды колебаний VLF под влиянием ЭМИ КВЧ свидетельствует о модуляции мышечного тонуса сосудов увеличением секреции в кровь вазоактивных субстанций, что способствует увеличению транспортной функции крови и обменных процессов. По-видимому, увеличение амплитуд VLF под влиянием ЭМИ КВЧ обусловлено работой микроваскулярного эндотелия, обуславливающего выброс NO. Увеличение продукции NO в клетках, связано с активацией Ca^{2+}- независимой изоформой фермента NO-синтазы, основного фермента участвующего в образовании NO путем окисления L-аргинина. Известно, что NO-синтаза легко активируется в клетках при действии цитокинов, в частности интерферона, эффект которого может быть усилен фактором некроза опухолей [25]. Показано, что при воздействии ЭМИ КВЧ в результате эффекта прайминга происходит увеличение функционального статуса лимфоцитов и нейтрофилов, что приводит к увеличению интенсивности освобождения интерферона, фактора некроза опухоли, интерлейкинов из иммунокомпетентных клеток [26]. Следовательно, воздействие ЭМИ КВЧ, возможно, является естественным регулятором активности эндогенного NO в физиологических системах организма и/или увеличения его продукции в клетках вследствие активации NO-синтазы.

Наряду с увеличением амплитуды VLF, под влиянием ЭМИ КВЧ наблюдалось достоверное увеличение амплитуд вазомоторных колебаний (LF) с 3-их по 10-е сутки наблюдения в среднем на 24,28% ($p \leq 0,01$) по сравнению со значениями этого показателя у испытуемых контрольной группы. Увеличение амплитуды LF свидетельствует о снижении периферического сопротивления (вазодилатации) и, следовательно о повышении нутритивного кровотока.

В механизмах управления микрокровотоком именно тонус прекапиллярных гладкомышечных

клеток является последним звеном контроля микрокровотока перед капиллярным руслом. Известно, что среди химических факторов, регулирующих состояние сосудистой стенки, особая роль принадлежит физиологически активным пептидам, в частности цитокинам, интерлейкинам, интерферонам, фактору некроза опухоли, хемокинам и низкомолекулярным соединениям, которые, как показано в наших [26-27] и других исследованиях [28-31], увеличиваются под влиянием ЭМИ КВЧ. Роль пептидов в регуляции периферических сосудов сводится к модулированию регуляторных механизмов центральной нервной системы путем пептидергической иннервации сосудистых стенок [17]. Вероятно, с этим связано увеличение вклада вазомоторного компонента в реализацию ЛДФ-граммы под влиянием ЭМИ КВЧ.

На фоне повышения функционирования активных механизмов контроля перфузии, происходило снижение пассивных, создающих продольные колебания кровотока, выражающиеся в изменении объема крови в сосуде. Было показано, что экспериментальное воздействие ЭМИ КВЧ приводило к статистически значимому снижению амплитуды дыхательной волны на с 5-ых по 10-ые сутки воздействия ЭМИ КВЧ с 22,18% до 31,43% ($p \leq 0,05$) соответственно по отношению к данным у испытуемых контрольной группы. Дыхательная волна в микроциркуляторном русле обусловлена распространением в микрососуды со стороны путей оттока крови волн перепадов давления в венозной части кровеносного русла и преимущественно связана с дыхательными экскурсиями грудной клетки. Местом локализации дыхательных волн в системе микроциркуляции являются венулы. Чаще всего увеличение амплитуды дыхательной волы указывает на снижение микроциркуляторного давления. Ухудшение оттока крови из микроциркуляторного русла может сопровождаться увеличением объема крови в венулярном звене, что приводит к росту амплитуды дыхательной волны в ЛДФ-грамме [17]. Таким образом, уменьшение амплитуды дыхательной волны под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ способствует улучшению венозного оттока, а, следовательно, уменьшению застойных явлений в микроциркуляторном русле.

Кроме того, на фоне действия ЭМИ КВЧ происходило снижение другого пассивного компонента регуляции микрокровотока, а именно амплитуды пульсовой волны (CF) на 7-е и 10-е сутки эксперимента на 22,81% и 27,5% ($p \leq 0,05$) соответственно относительно значений этого показателя у волонтеров контрольной группы (рис. 3). Амплитуда пульсовой волны, приносящейся в микроциркуляторное русло со стороны артерий, является параметром, который изменяется в зависимости от состояния тонуса резистивных сосудов. Увеличение амплитуды пульсовой волны означает увеличение притока крови в микроциркуляторное русло. Часто увеличение амплитуды наблюдается у пожилой группы индивидуумов вследствие снижения эластичности сосудистой стенки (например, при ангиосклерозе), а также у пациентов с гипертонической болезнью. Значительный рост амплитуд пульсовой волны может наблюдаться при тепловой гиперемии (при температуре нагрева около 42^0С) [17].

Таким образом, снижение амплитуды пульсовой волны под влиянием КВЧ-воздействия свидетельствует об увеличении эластичности стенки периферических сосудов, и, как следствие, уменьшении притока крови в микроциркуляторное русло.

Таким образом, на 10-е сутки эксперимента наблюдалось значительное перераспределение характеристик амплитудно-частотного спектра в сторону увеличения эндотелиального и вазомоторного компонентов на фоне снижения влияния дыхательных и пульсовых ритмов на осцилляции тканевого кровотока (рис. 4). В норме низкочастотный вазомоторный ритм занимает доминирующее значение в амплитудно-частотном спектре, который задается пейсмекерами в прекапиллярном звене микроциркуляторного русла. На него накладываются влияния метаболических факторов, обусловленных накоплением в тканях промежуточных продуктов обмена веществ [22], оказывающих также существенное влияние на осцилляции тканевого кровотока, путем периодически изменяющейся концентрации вазоактивных субстратов [17]. Наряду с этим, снижение вклада парасимпатических и пульсовых влияний отображает сбалансированность активных вазомоторных и пассивных высокочастотных и сердечных колебаний на модуляцию тканевого кровотока. Такие изменения в амплитудно-частотном спектре ЛДФ-граммы обусловили повышение уровня ИЭМ (рис.5).

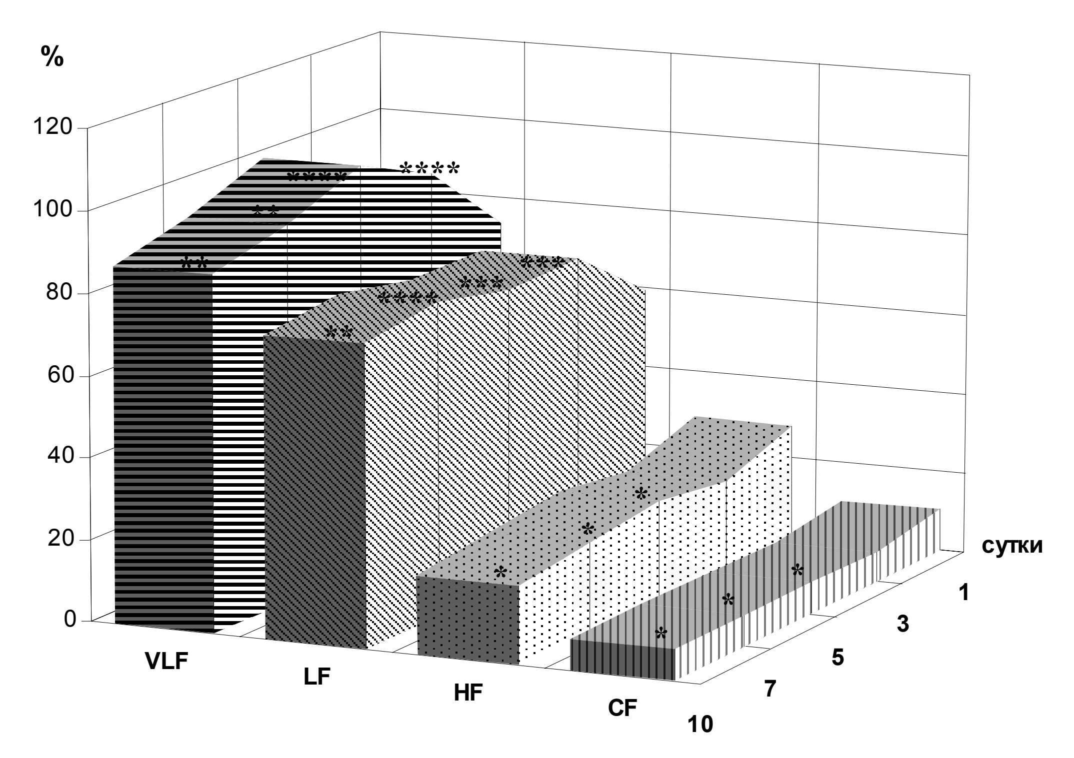


Рис. 2. Динамика изменения активных и пассивных факторов регуляции микрокровотока (в % относительно значений у испытуемых контрольной группы, принятых за 100%).

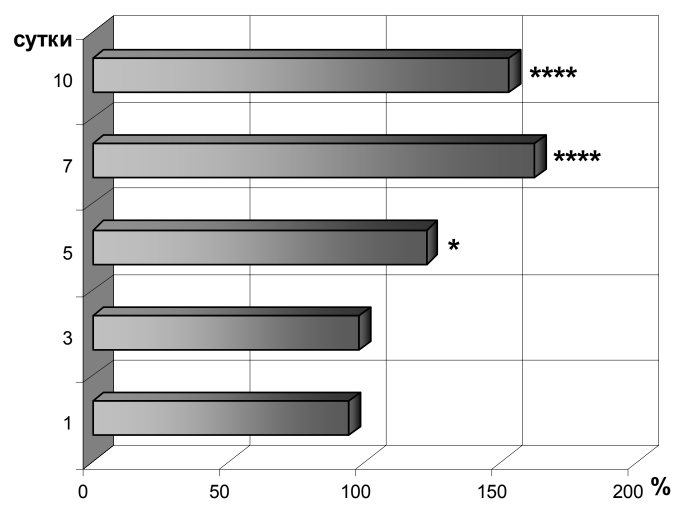


Рис. 3. Изменение показателя индекса эффективности микроциркуляции на протяжении 10 дней экспериментального воздействия ЭМИ КВЧ (в % относительно значений в контрольной группе испытуемых, принятых за 100%).

Примечания: * - p≤0,05; **** - p≤0,001, достоверность по отношению к значениям у испытуемых контрольной группы по t-критерию Стьюдента.

Анализ динамики ИЭМ показал, что в процессе действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечалось повышение данного показателя, достигая достоверной значимости на 5-е по10-е сутки воздействия ЭМИ КВЧ, увеличиваясь на 22,53% (p≤0,05) – 62,28% (p≤0,001) по сравнению с данными у испытуемых контрольной группы. Сравнительный анализ характеристик амплитудно-частотного спектра выявил, что такое повышение ИЭМ обусловлено, с одной стороны, увеличением активности вазомоторного и эндотелиального компонентов в реализации ЛДФ-граммы, а, с другой стороны, снижением амплитудных характеристик дыхательных и пульсовых колебаний, отмечавшихся с 5-ых по 10-е сутки экспериментального воздействия низкоинтенсивного излучения по сравнению с таковыми у испытуемых контрольной группы.

Известно, что микроциркуляторное русло находится под многоуровневым контролем, который организован через систему обратной связи. Активные и пассивные механизмы контроля микроциркуляторного русла образуют положительные и отрицательные обратные связи. Работа активных механизмов обусловлена локальными физиологическими потребностями тканей. Возрастание или снижение амплитуд пассивных ритмов является следствием проявления функционирования активных механизмов контроля и наоборот [17]. Так, зарегистрированное в наших исследования смещение доминанты колебаний по амплитуде в высокочастотную область под влиянием ЭМИ КВЧ, свидетельствует об усилении вазомоторного биогенного механизма и уменьшении дыхательных и пульсовых влияний в регуляции кровотока.

Таким образом, низкоинтенсивное воздействие ЭМИ КВЧ оказывает модулирующее действие на показатели микроциркуляторного русла,

проявляющееся в увеличении функционирования активных механизмов контроля микрокровотока.

Увеличение параметра перфузии М, под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, вероятно, обусловлено увеличением амплитуды вазомоторных колебаний, что, с одной стороны, свидетельствует о повышении амплитуды в прекапиллярном звене резистивных сосудов, а с другой стороны, связано с ослаблением влияния со стороны симпатической нервной системы. Кроме того, данные амплитудно-частотного спектра свидетельствуют о перераспределении крови в системе микроциркуляции. Так, уменьшение амплитуды дыхательной волны свидетельствует об улучшении венозного оттока, а наряду с этим, увеличение амплитуд в области прекапиллярных вазомоторов способствует открытию и увеличению функциональной активности латентных капилляров. Кроме того, увеличение выброса эндотелием NO посредством модуляции мышечного тонуса влияет на транспортную функцию крови и содействует обменным процессам. Снижение амплитуды пульсовой волны указывает на уменьшение притока крови в микоциркуляторное русло и на увеличение эластичности сосудистой стенки.

Полученные данные об изменении показателей микроциркуляции под влиянием ЭМИ КВЧ согласуются с литературными данными. В частности, И. Детлавс с соавторами [34] методом реографии показано нормализующее воздействие мм терапии на нарушенную микроциркуляцию (увеличение числа функционирующих капилляров и увеличение наполнения их кровью), независимо от конкретной патологии у больных некоторыми нейрососудистыми расстройствами — ангиовегетососудистой дистонией, гипертонией, синдромом Рейно и др. Миллиметровая терапия весьма результативна при коррекции микроциркуляторных расстройств у больных острым деструктивным панкреатитом [15]. Авторы использовали метод ЛДФ, при помощи которого была выяснена роль КВЧ-воздействия в нормализации показателей перфузии, вариабельности кровотока и др.

Таким образом, собственные экспериментальные и литературные данные свидетельствуют о том, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное действие на процессы микроциркуляции. Возможный механизм этого следующий. Рецепция ЭМИ КВЧ может осуществляться микроциркуляторной системой кожи, которая располагается на глубине около 150 мкм [32]. Температурный порог расширения кожных сосудов довольно низок и составляет всего $0,06^{o}$C [33], т.е. находится в границах нагрева тканей, обусловленного действием ЭМИ КВЧ. В.Н. Воронков и Е.П. Хижняк [35] гистологическими методами показали, что облучение кожи экспериментальных животных (52 ГГц; ППМ 50 мВт/см^2) в течение 15 мин вызывает расширение капилляров кожи, диапедез эритроцитов в экстравазальное пространство, дегрануляцию тучных клеток. Роль кровеносных капилляров в реализации биологических эффектов сводится к резонансному поглощению в них мм волн и изменению динамики протекания жидкости при одновременном уменьшении силы сцепления (адгезии) жидкости с внутренней стенкой капилляра [32; 36], однако механизм этого феномена до сих пор остаётся невыясненным. Таким образом, сосуды кожи вполне доступны для непосредственного воздействия ЭМИ КВЧ.

Изучение микроциркуляции при различных воздействиях позволяет выявить приспособительные возможности организма. Известно, что микроциркуляторное русло является тем отделом сердечно-сосудистой системы, в котором реализуется основная задача кровообращения – обеспечение тканевого гомеостаза. Поэтому вполне очевидно, что система микроциркуляции организма одна из первых включается в процессы адаптации к низкоинтенсивному ЭМИ КВЧ.

ВЫВОДЫ

1. Методом лазерной допплеровской флоуметрии выявлено, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное влияние на показатели микроциркуляции.
2. Под влиянием ЭМИ КВЧ происходит увеличение вклада активных механизмов (эндотелиальных и вазомоторных) на фоне снижения пассивных (пульсовой и дыхательной волн) в регуляцию микроциркуляции.
3. Под влиянием ЭМИ КВЧ происходит активизация эндотелиального и вазомоторного механизмов регуляции микрокровотока, что способствует увеличению активности микроциркуляторного эндотелия (выбросу NO), транспортной функции крови, снижению периферического сопротивления и повышению нутритивного кровотока.
4. При воздействии ЭМИ КВЧ происходит снижение активности пульсовых и дыхательных механизмов в регуляции микроциркуляции, что приводит к увеличению эластичности стенки периферических сосудов, уменьшению притока крови в микроциркуляторное русло, улучшению венозного оттока, и, следовательно, уменьшению застойных явлений в микрососудах.
5. Под влиянием ЭМИ КВЧ происходит увеличение индекса эффективности микроцирку-

ляции, что свидетельствует о доминирующем влиянии активных механизмов модуляции нутритивного кровотока.

Литература

1. *Лукьянов В.Ф., Захаров Е.И., Лукьянова С.В.* Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на микроциркуляторное русло при гипертонической болезни // Сб. докл. Междунар. симпозиум «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине» – Т. 1. – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 124-127.
2. *Жуков Б.Н., Лысов Н.А., Махлин А.Э.* Влияние ММ-волн на микроциркуляцию в эксперименте // Сб. докл. 10 Российс. симпоз. с Международным участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии». – М.: МТА КВЧ. – 1995. – С. 129-130.
3. *Субботина Т.И., Яшин А.А.* Экспериментально-теоретическое исследование КВЧ-облучения открытой печени прооперированных крыс и поиск новых возможностей высокочастотной терапии // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 1. – С. 122-126.
4. *Гедымин Л.Е., Голант М.Б., Колпикова Т.В., Балакирева Л.З.* КВЧ-терапия в клинической практике / Сб. докл. 12-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН. – 2000. – С. 45-49.
5. *Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н.* Миллиметровые волны и живые системы. – М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2004. – 107с.
6. *Ситько С.П.* Физика живого – новое направление фундаментального естествознания // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. – Т. VIII, № 1. – С. 5-6.
7. *Люсов В.А., Волов Н.А., Лебедева А.Ю. и др.* Некоторые механизмы влияния миллиметрового излучения на патогенез нестабильной стенокардии / Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН. – 1995. – С. 26-27.
8. *Царев А.А., Лебедева А.Ю.* Состояние мозгового кровотока и обмена катехоламинов у больных гипертонической болезнью на фоне терапии электромагнитным излучением миллиметрового диапазона // Сб. докладов 12 российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии». – М.: ИРЭ РАН. – 2000. – С. 6-9.
9. *Ефанов О.И., Волков А.Г.* Влияние КВЧ-терапии различных длин волн на клиническое течение пародонтита / Сб. докл. 11-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН. – 1997. – С. 43-44.
10. *Козлов В. И., Корси Л.В., Соколов В.Г.* Лазерная допплеровсекая флоуметрия и анализ коллективных процессов в системе микроциркуляции // Физиология человека. –1998. – Т. 24. – №6. – С.112.
11. *Bonner R.F., Nossal R.,* Modal for Laser Doppler measurements of blood flow in tissue microcirculation // Appl. Optics. – 1981. – V. 20. – P. 2097.
12. *Арефьев И.М., Еськов Л.П.* Метод спектроксопии оптического смещения в диагностике микроциркуляции крови // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. – 1981. – №2. – С. 244.
13. *Nilsson G.E.* Signal processor for Laser Doppler tissue flowmeters // Med. Biol. Eng. Comput. – 1981. –V.22. – P. 343.
14. *Букатко В.Н., Данилова С.А.* Лазерная допплеровскя флоуметрия в изучении эффектов миллиметровой волновой терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2004. – N 4(36). – С. 28-39.
15. *Брискин Б.С., Букатко В.Н.* Исследование микроциркуоляции методом лазерной допплеровской флоуметрии при остром панкреатите /Лазерная допплеровская флоуметри микроциркуляции крови / Под редакцией Крупаткина А.И., Сидорова В.В. – М."Медицина", 2005. –С.220.-241.
16. Метод лазерной допплеровской флоуметрии в кардиологии. Пособие для врачей / Под ред. Маколкин В.И., Бранько В.В., Богданова Є.А. и др. – М.:Россельхозакадемия, 1999. – 48 с.
17. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная допплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. – М.: Медицина. – 2005 – 254с.
18. *Schmid-Schonbein H., Ziege S., Grebe R. et.al.* Synergetic Interpretation of Patterned Vasomotor Activity in Microvascular Perfusion: Descrete Effects of Miogenic and Neurogenic Vasoconstriction as well as Arterial and Venous Pressure Fluctuation // Int. J. Micror. – 1997. – V.17. – P. 346-359.
19. *Крупаткин А.И.* Клиническая нейроангиофизиология конечностей (периваскулярная иннервация и нервная трофика). – М.: Научный мир. – 2003. – 328с.
20. *Крупаткин А.И., Сидоров В.В., Меркулов М.В.* и др. Функциональная оценка периваскулярной иннервации конечностей с помощью лазерной допплеровской флоуметрии. Пособие для врачей. – М. – 2004. – 26 с.
21. *Stefanovska A., Bracic M.,* Physics of the human cardiovascular system // Contemporary Physics. – 1999. – 40, N1. – P. 31-35.
22. Метод лазерной допплеровской флоуметрии. Пособие для врачей / Под ред. Козлов В.И., Мач Э.С., Литвин Ф.Б., Терман О.А., Сидоров В.В. – М. – 1999. – 48 с.
23. *Kvandal P. Stefanovska A., Veber M. et. al.* Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler Flowmetry, iontophoresis and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostaglandins //Microvascular Research. – 2003. – 65. – P. 160-171.
24. *Bollinger A., Yanar A., Hofmann U., Franzeck U.K.* Is high-frequensy flux motion due to respiration or to vazomotion activity? Progress Appl. Microcirculation. Basel: Karger. – 1993. – V. 20. – P. 52.
25. *Новоселова Е.Г., Огай В.Б., Синотова О.А., Глушкова О.В., Сорокина О.В., Фесенко Е.Е.* Влияние миллиметровых волн на иммунную систему мышей с

экспериментальными опухолями // Биофизика. – 2002. – Т. 47, вып.5. – С. 933-942.
26. *Чуян Е.Н.* Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис… докт. біол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
27. *Чуян Е.Н., Махонина М.М.* Изменение функциональной активности лимфоцитов крови крыс как отражение модифицирующих эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ и гипокинетического стресса // Таврический медико-биологический вестник. – 2005. – Т. 8, № 3. - С. 142-145.
28. *Тарадий Н.Н., Багдасарова И.В., Узденова З.Х. и др.* Экспрессия маркеров иммунокомпетентных клеток, уровень цитокинов и метаболизм L-аргинина при комплексной крайне высокочастотной и интерферонотерапии воспалительных заболеваний у женщин в высокогорье // Фізіол. журнал. – 2003. – Т. 49, № 3. – С. 80-89.
29. *Новоселова Е.Г., Огай В.Б., Сорокина О.В., Новиков В.В., Фесенко Е.Е.* Влияние электромагнитных волн сантиметрового диапазона и комбинированного магнитного поля на продукцию фактора некроза опухолей в клетках мышей с экспериментальными опухолями // Биофизика, 2001. - Т. 46, вып. 1. – С. 131-135.
30. *Глушкова О.В., Новоселова Е.Г., Синотова О.А., Врублевская В.В., Фесенко Е.Е.* Иммуномодулирующее действие низкоинтенсивных электромагнитных волн на продукцию фактора некроза опухолей у мышей с различной скоростью опухолевого роста // Биофизика. – 2002. – Т. 47, вып. 2. – С. 376-381
31. *Струсов В.В., Уткин Д.В., Дремучев В.А.* Хирургические аспекты применения КВЧ-терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1995.– № 6. – С. 48-49.
32. *Бецкий О.В.* Механизмы первичной рецепции низкоинтенсивных миллиметровых волн у человека // Сб. докладов 10-го Российск. симпоз. с междун. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине» – М.: ИРЭ РАН. – 1995.– С. 135-137.
33. *Родштат И.В.* Новые физиологические подходы к оценке КВЧ-воздействия на биологические объекты // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. - № 3. – С. 11-16.
34. *Детлавс И., Лавенделс Ю., Мурниеце М., Тураускa А.* Коррекция нейрососудистых расстройств электромагнитным полем ММ диапазона / 11-й Российский симпозиум с международным участием "Миллиметровые волны в квантовой медицине". - М.: ИРЭ РАН. – 1997. – С.78-79
35. *Воронков В.Н., Хижняк Е.П.* Морфологические изменения в коже при действии КВЧ ЭМИ // Сб. докл. межд. симпоз. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 635-638.
36. *Бецкий О.В., Яременко Ю.Г.* Кожа и электромагнитные волны // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1998. –Т. 11, №1. – С. 3-14.

НИЗЬКОІНТЕНСИВНЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ: ВПЛИВ НА ПРОЦЕСИ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ

Чуян О.М., Трибрат Н.С., Раваєва М.Ю.

У статті описані зміни в системі мікрокровообігу, що виникають під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти, досліджувані методом лазерної допплерівської флоуметрії. Показано, що курсова дія даного фізичного чинника призводить до поліпшення функціонування мікроциркуляторного русла, що супроводжується збільшенням функціонування активних механізмів контролю мікрокровообігу.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, метод лазерної допплерівської флоуметрії, мікрокровообіг.

CHANGE OF PROCESSES OF MICROCIRCULATION AT INFLUENCE OF LOWINTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE MILLIMETRIC RANGE

Chuyan E. N., Tribrat N.S., Ravaeva M.U.

In the article is described changes in the system of microcirculation, arising up under influence of lowintensity of electromagnetic radiation of very high frequency, are explored of the method of laser Doppler flowmetry. It is rotined that course influence of this physical factor brings to the improvement of functioning of microvasculature, expressed in multiplying functioning of active mechanisms of control of blood microcirculation.

Key words: electromagnetic radiation of very high frequency, method of laser Doppler flowmetry, microcirculation.

Физика живого, Т. 16, No1, 2008. С.91-98.



УДК 612:615.849.11

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭМИ КВЧ

Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,
Центр коррекции функционального состояния человека
e-mail: elena-chuyan@rambler.ru

Поступила в редакцию 12.03.2008

Статья посвящена обоснованию эффективности применения низкоинтенсивного миллиметрового излучения для коррекции функционального состояния организма студентов-нормотоников. Показано, что курсовое воздействие ЭМИ КВЧ достоверно повышает значения показателей функционального состояния и снижает индекс напряженности у студентов.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, функциональное состояние, вариабельность ритма сердца, кардиоритмограмма, индекс напряженности, вегетативный тонус**.**

ВВЕДЕНИЕ

Новым перспективным научным направлением является изучение и широкое применение в биологии и медицине современных экологически чистых и экономичных технологий с использованием физических факторов, в том числе электромагнитных излучений (ЭМИ) разных диапазонов. В последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности биологических объектов к низкоинтенсивному ЭМИ миллиметрового (мм) диапазона, сформулирован целый ряд гипотез о механизмах действия ЭМИ этого диапазона с биологическими системами [1,2,3]. Среди наиболее изученных эффектов ЭМИ КВЧ известны антистрессорный, иммуномодулирующий, антиоксидантный, синхронизирующий, противовоспалительный, радиопротекторный и некоторые другие [2,4,5]. В связи с высокой биологической эффективностью низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ в настоящее время широко внедряется в терапевтическую практику. Показана высокая эффективность КВЧ-терапии при лечении многих заболеваний [2,6,7] особенно тех, течение которых сопровождается развитием общего адаптационного синдрома, или стресс-реакции. Вместе с тем, до сих пор считается, что ЭМИ КВЧ оказывает влияние только на организм с измененным функциональным состоянием, а здоровые люди не восприимчивы к этому виду излучения [1,7]. Работу исследователей осложняет еще и тот факт, что значительная часть методов характеризуется узко направленным спектром выявляемой информации и в большинстве случаев невозможностью интегрального суждения о состоянии организма в целом. Очевидно, для решения этого вопроса необходимо, с одной стороны, значительно расширить число регистрируемых параметров, характеризующих состояние целостной физиологической системы, а, с другой, применять новые чувствительные скрининговые методические приемы, позволяющие судить об изменении общего функционального состояния организма. Таким приемом, в частности, может быть применение нового компьютерного комплекса для исследования функционального состояния организма человека «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-Петербург). В предыдущих наших исследованиях [8] показана высокая эффективность применения этого комплекса для оценки функционального состояния организма на различных уровнях регуляции (вегетативном, нейро-гуморальном, центральном), адаптационных возможностей и функциональных резервов организма студентов. Главная идея используемой методики заключена в том, что любые вегетативные функции, будь-то ритмическая активность сердца, изменение температуры, колебание уровня сахара и так далее, содержат в себе всю полноту информации о протекании данных процессов на всех уровнях управления ими, и что самое важное – в них будет отражаться функция всего организма в целом [9]. Поэтому использованный в данной диагностической системе анализ электрокардиосигнала – удобная

модель для получения всей полноты информации о функциональном состоянии организма. Корректный и адекватный биокибернетический подход к анализу электрокардиосигналов позволяет определить уровень гипоталамической регуляции не только вегетативной, но и эндокринной сферы; оценить биоритмическую активность мозга, которая по определению должна быть сопряжена с ритмической активностью сердца, без чего немыслима системная организация [10]. Колебания длительности интервалов между кардиоциклами, обусловленные нейрогуморальными влияниями, адекватно отражают общее (текущее) функциональное состояние организма и могут использоваться для разработки тактики и прогнозирования динамики изменения функционального состояния испытуемых. Кроме того, этот метод позволяет дать количественную оценку уровня адаптации и функциональных резервов организма, оценить вклад центральной и вегетативной регуляции в работу сердечнососудистой системы, дать характеристику симпато-парасимпатического баланса отделов вегетативной нервной системы (ВНС).

Подобный программный комплекс с 2000 года используется в клинике для скрининг-диагностики внутренних заболеваний (острая пневмония, язвенная болезнь, острый бронхит, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, дефицит массы тела и др.) и оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий [11]. Применение программно-аппаратного комплекса показало его высокую диагностическую и экономическую эффективность в клинической практике. Однако любая патология, зарождаясь задолго до появления органических изменений, проходит доклинические (функциональные) этапы своего развития. Поэтому представляется целесообразным применение комплекса «Омега-М» для оценки функционального состояния здоровых людей, в частности, студентов.

В связи с этим, целью настоящего исследования явилось обоснование эффективности применения ЭМИ КВЧ для коррекции функционального состояния студентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 30 студентов женского пола в возрасте 20-23 лет, условно здоровых, не имеющих хронических заболеваний. Предыдущие исследования [11] показали целесообразность разделения всех испытуемых на группы в соответствии со значениями показателя индекса напряженности (ИН) [12]. Так 23% испытуемых являлись ваготониками (ИН≤50 у.е), 67% – нормотониками (50≤ИН≤200 у.е), а 10% – симпатотониками (ИН≥200 у.е). Поскольку испытуемые – нормотоники составляют большинство среди волонтеров, то можно предположить, что именно у них развивается наиболее типичная реакция на любые воздействия, в том числе и ЭМИ КВЧ. В дальнейших исследованиях принимали участие 20 студентов – нормотоников, разделенных на две равноценные группы (контрольную и экспериментальную) по 10 человек в каждой.

Волонтеры экспериментальной группы подвергались действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а волонтеры контрольной группы – ложному действию данного фактора (плацебо).

Воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось с помощью 7-миканального генератора «Рамед Эксперт-04» (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине) в течение 10-ти дней. Технические характеристики генератора: рабочая длина волны 7,1 мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности облучения 0,1 мВт/см^2. Воздействие осуществлялось в течение 30 минут на область биологически активных точек (БАТ): GI15 (Цзянь-Юй); симметричные GI4 (Хэ-Гу), Е-36 (Цзу-Сань-Ли), RP-6 (Сань-Инь-Цзяо). Выбор этих точек обусловлен их гармонизирующим, стимулирующим и общеукрепляющим действием на организм.

Исследование показателей функционального состояния проводилось ежедневно в течение 10 дней и через 7 дней после окончания курса (17 день эксперимента) для регистрации эффекта последействия. Исследование начинали с регистрации ЭКГ сигнала в первом стандартном отведении с помощью компьютерного комплекса «Омега-М». Регистрацию проводили в положении сидя при спокойном дыхании в течение 3-5 минут, то есть времени, необходимого для набора 300 кардиокомплексов. Оценка функционального состояния организма осуществлялась путем регистрации кардиоритмограммы, определения показателей вариабельности ритма сердца (ВРС), спектральных характеристик и вычисления интегральных характеристик функционального состояния методами вариационного, нейродинамического и фрактального анализов [10]. Анализ ВРС проводили по стандартной схеме [8].

Поскольку сердечнососудистая система является индикатором адаптационных реакций организма, а изменения ритма сердечных сокращений служит универсальной реакцией организма на изменение условий внешней среды, мы считали целесообразным обратиться к методу математического анализа сердечного ритма [10] с целью оценки состояния и

степени напряжения механизмов регуляции этих систем. В связи с этим, на основе ВРС рассчитывали:

- индекс напряженности – является маркером симпатической активности;
- показатель мощности спектра в области низких частот 0,04 – 0,15 Гц (LF) – отражает модуляцию сердечного ритма со стороны симпатической нервной системы, и является маркером барорефлекторной регуляции;
- показатель мощности спектра в области высоких частот > 0,15 Гц (HF) – отражает преимущественно влияние парасимпатической системы на сердечную мышцу;
- показатель общей мощности спектра (TOTAL) – интегральный показатель, характеризующий ВРС в целом, отражает воздействие как симпатического, так и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на сердечный ритм [13];
- показатель автономной регуляции (A) – отражает состояние регуляции сердечной деятельности со стороны синусного узла;
- показатель вегетативной регуляции (B) – отражает регуляцию сердечного ритма на вегетативном уровне;
- показатель центральной регуляции (C) – отражает регуляцию со стороны гипоталамо-гипофизарной системы (ГГС), причем на этом уровне проявляется двоякая природа регуляции: нервная и гуморальная – в силу двуединой природы клеток гипоталамуса, являющимися нервными и секретирующими одновременно;
- показатель психоэмоционального состояния (D) – отражает регуляцию функций организма со стороны центральной нервной системы (ЦНС) [9];
- интегральный показатель функционального состояния (Health, H) – отражает уровень функционального состояния испытуемых.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М» и «Статистика 6.0». Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, в контрольной группе испытуемых достоверных изменений всех исследуемых показателей в сравнении с исходными значениями за 17 дней наблюдения не зарегистрировано.

Вместе с тем, после 10-тидневного курса ЭМИ КВЧ у испытуемых произошло достоверное снижение ИН на 48% ($p<0,05$) относительно значений этого показателя в контрольной группе испытуемых (рис. 1), что свидетельствует об усилении парасимпатического тонуса вегетативной нервной системы.

Известно [12,14], что ВРС является интегрированным показателем взаимодействия трех регулирующих сердечный ритм факторов: рефлекторного симпатического, рефлекторного парасимпатического и гуморально-метаболически-медиаторной среды. Изменение ритма сердечных сокращений является универсальной оперативной реакцией целостного организма в ответ на любое воздействие внешней среды и характеризует баланс между тонусом симпатического и парасимпатического отделов. Поэтому полученные нами данные о достоверном снижении ИН свидетельствуют о нормализации посредством ЭМИ КВЧ симпатовагусного баланса организма испытуемых.

Проведение спектрального анализа модуляционных характеристик биоэлектрических сигналов у студентов экспериментальной группы показало статистически достоверное возрастание как высокочастотного LF в 2,32 раза ($p<0,05$), так низкочастотного HF в 2,76 раз ($p<0,05$) компонентов спектра (рис. 2).

Известно, что основной составляющей HF компонента спектра является вагусная активность [9], тогда как LF компонент является количественным маркером симпатической модуляции. Кроме того, некоторыми авторами показано, что увеличение мощности LF компоненты ритма сердца свидетельствует об улучшении барорефлекторной регуляции гемодинамики [15]. Следовательно, под воздействием ЭМИ КВЧ выявлено равномерное перераспределение нагрузки между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС, приводящее в конечном итоге к нормализации и стабилизации процессов регуляции. Однако данные о значительном возрастании HF компонента у испытуемых (рис. 2) могут свидетельствовать о более существенной активации под влиянием ЭМИ КВЧ парасимпатических влияний на сердечный ритм, нежели симпатических. Следовательно, нами получены данные о усилении общей ВРС под воздействием ЭМИ КВЧ у волонтеров экспериментальной группы, что может быть связано не только с ростом парасимпатической активности и оптимизацией барорегуляции, но и с нормализацией всех вегетативных влияний на сердце.

Эти данные подтверждаются данными об увеличении общей спектральной мощности у испытуемых под воздействием ЭМИ КВЧ в 2,3 раза ($p<0,05$) (рис. 3).

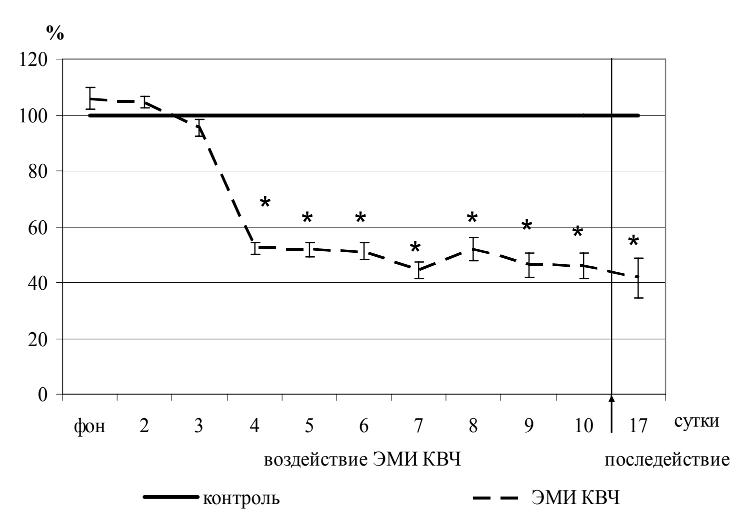


Рис 1. Динамика индекса напряженности у испытуемых под влиянием ЭМИ КВЧ в разные сроки эксперимента (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%). * - р <0,05 достоверность по критерию Стьюдента.

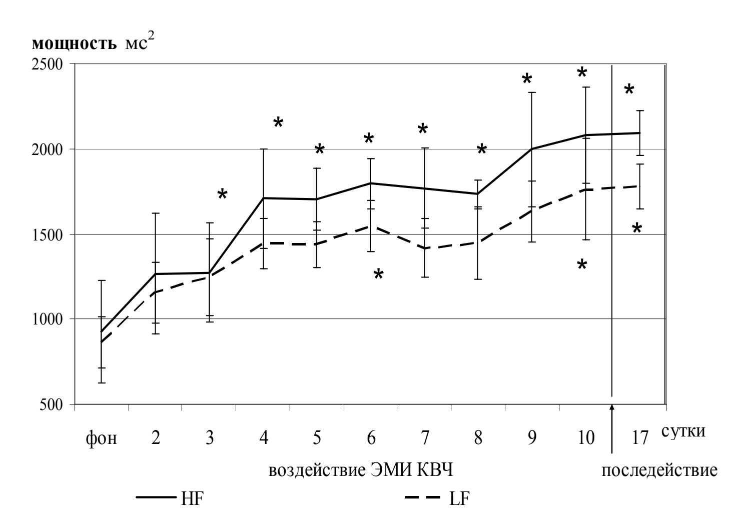


Рис. 2. Изменение мощности высокочастотных (HF) и низкочастотных (LF) компонентов спектра (в мс^2) в разные сроки эксперимента у испытуемых под влиянием ЭМИ КВЧ. *- р <0,05 достоверность по критерию Стьюдента.

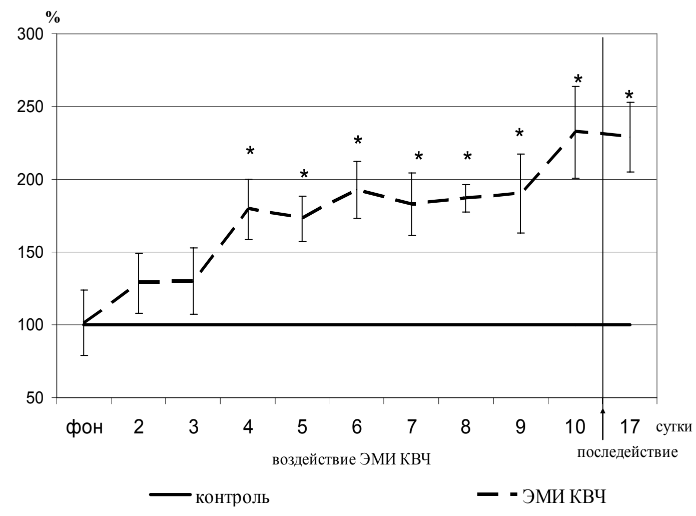


Рис. 3. Изменение общей мощности спектра под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%). *- р <0,05 достоверность по критерию Стьюдента.



Рис. 4. Интерфейс программы динамического наблюдения и прогноза для испытуемого С.

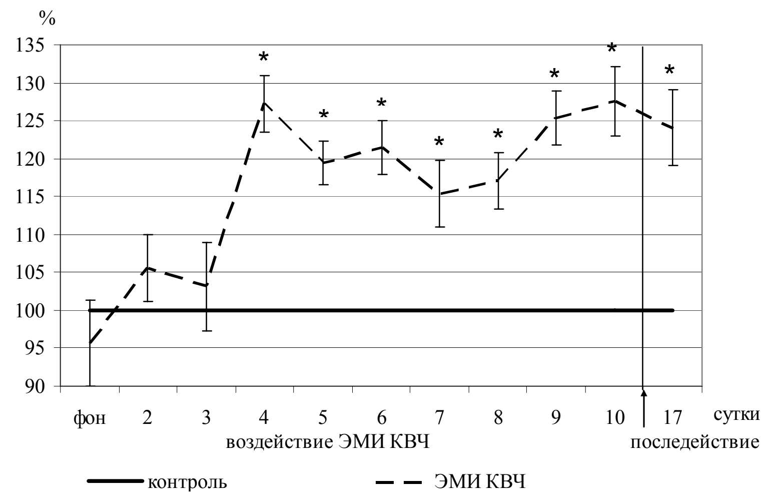


Рис. 5. Изменение показателя HEALTH под влиянием ЭМИ КВЧ в разные сроки эксперимента у испытуемых (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%). * — p <0,05 достоверность по критерию Стьюдента.

Таблица

Динамика интегральных характеристик функционального состояния испытуемых

Группа	Показатель	1 сутки	10 сутки	17 сутки
Контрольная	A	63,34±3,55	59,59±3,90	59,75±2,73
	B	67,31±4,57	62,38±4,28	67,95±4,64
	C	60,56±3,41	60,10±3,79	63,85±3,47
	D	65,95±3,88	61,01±2,85	63,16±3,88
	H	69,42±3,75	66,49±2,79	64,47±3,88
Эксперимен-тальная	A	60,83±4,85	85,45±3,52 $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$	76,62±4,48, $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$
	B	65,82±3,52	91,87±3,03 $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$	87,92±3,62, $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$
	C	56,14±4,21	78,40±2,96 $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$	78,49±2,90, $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$
	D	59,29±4,34	81,00±3,61 $p_I<0.05$,$p_{II}<0.05$	76,24±3,42, $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$
	H	66,40±3,97	84,80±3,05 $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$	79,99±3,18, $p_I<0.05$, $p_{II}<0.05$

Примечания: p_I – достоверность по критерию Стьюдента при сравнении с исходными значениями; p_{II} – достоверность по критерию Стьюдента при сравнении со значениями, полученными в контрольной группе испытуемых.

Из литературных данных известно, что вагусная активация обычно сопровождается увеличением общей мощности спектра, в то время как усиление симпатической активации – к обратной картине. Поэтому увеличение общей мощности спектра у испытуемых под влиянием КВЧ-воздействия может быть связано с активацией центров парасимпатической регуляции и уменьшением влияния центрального контура регуляции на сердечный ритм. Полученные нами данные согласуются литературными [16] и могут быть обусловлены возрастанием адаптационного уровня организма под воздействием ЭМИ КВЧ.

Применение курсового воздействия ЭМИ КВЧ привело к изменению и других исследуемых показателей функционального состояния испытуемых (табл.; рис 4,5).

Так, значения интегрального показателя функционального состояния в экспериментальной группе испытуемых достоверно повышались в среднем на 30% ($p<0,05$) (табл.; рис. 5) после проведения курса ЭМИ КВЧ по сравнению с исходными данными и значениями, полученными в контрольной группе испытуемых.

Подобное возрастание значений было характерно также и для остальных показателей, характеризующих активность всех уровней регуляции (табл.).

Надо отметить, что наибольший эффект зарегистрирован на вегетативном уровне регуляции, о чем свидетельствует увеличение значений показателя вегетативной регуляции (В) у испытуемых на 39% ($p<0.05$) относительно исходных значений этого показателя.

Таким образом, 10-тидневное КВЧ-воздействие привело к увеличению значений интегральных характеристик функционального состояния у испытуемых.

Важно отметить, что эффект от ЭМИ КВЧ сохранялся и через семь дней после окончания курса (табл.; рис. 1–5), когда у испытуемых – нормотоников произошло снижение индекса напряженности в среднем на 46% ($p<0.05$) и увеличение значений интегральных характеристик функционального состояния относительно фоновых значений (рис. 1–5).. Данный факт свидетельствует о продолжительном эффекте последействия курса миллиметрового излучения Полученные данные, согласуются с данными наших предыдущих исследований [17,18] и свидетельствуют о кумулятивном эффекте ЭМИ КВЧ.

Таким образом результаты проведенного исследования доказали высокую эффективность применения ЭМИ КВЧ для коррекции функционального состояния организма студентов. Полученные результаты свидетельствуют о существенном улучшении качества вегетативной регуляции у испытуемых под влиянием ЭМИ КВЧ. Благоприятное влияние ЭМИ КВЧ на вегетативную регуляцию характеризовалось усилением парасимпатических и барорефлекторных влияний на сердечный ритм испытуемых и оптимизацией вегетативной регуляции в целом.

Важно подчеркнуть, что ВНС выполняет в организме две основные функции: сохранение и поддержание гомеостаза (поддержание в пределах физиологической нормы артериального давления, частоты сердечных сокращений, температуры тела, биохимических показателей, и т.д.), а также отвечает за мобилизацию функциональных систем организма для адаптации к изменениям условий окружающей среды, т.е. функцию приспособления. Поэтому, учитывая, что все процессы в организме человека, так или иначе, связаны с ВНС функции которой регулируются гипоталамусом – центральным интегратором всех обменных процессов в организме, вполне возможно, что в основе механизма корригирующего действия ЭМИ КВЧ лежит оптимизация тонуса ВНС. Полученные данные, согласуются с данными других авторов, свидетельствующих об участии ВНС в реакциях на периферическое воздействие ЭМИ КВЧ. Известно, что ЭМИ КВЧ участвует в регуляции тонуса ВНС и достижении согласованности в работе всех органов и систем у испытуемых с различными вегетативными дисфункциями [18]. Воздействие ЭМИ КВЧ на БАТ способствует улучшению функционального состояния ВНС у женщин после ампутации матки [19]. Н.В. Поповченко [20], при оценке функциональной активности симпатического отдела ВНС у больных с вегетативными дисфункциями и гастродуоденальной патологией сделал вывод о генерализованной реакции ВНС на микроволновое облучение, возникающей уже после первого сеанса и проявляющейся в возбуждении или торможении нервной системы. Таким образом, нами показано, что курс ЭМИ КВЧ нормализует регуляцию сердечного ритма, прежде всего, со стороны ВНС, что указывает на уменьшение степени централизации управления сердечным ритмом.

В наших предыдущих исследованиях [18] было показано, что ЭМИ КВЧ увеличивает неспецифическую резистентность, иммунореактивность, оказывает антистрессорное, синхронизирующее, антиоксидантное действие, нормализует психофизиологическое состояние организма. Настоящее исследование дополняет эти данные и свидетельствует о многофакторном, комплексном характере изменений, происходящих в организме здоровых испытуемых при действии ЭМИ КВЧ, что способствует повышению адаптационного потенциала и интегральных показателей функционального состояния организма.

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования доказали высокую эффективность применения ЭМИ КВЧ для коррекции функционального состояния организма условно-здоровых студентов.

2. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ достоверно повышает значения показателей функционального состояния и снижает индекс напряженности у испытуемых, что связано с усилением вагусных влияний на сердечный ритм.

3. У испытуемых под воздействием ЭМИ КВЧ значительно увеличивается мощность высоко- и низкочастотных компонентов спектра, что свидетельствует об усилении парасимпатических влияний на сердце и улучшении барорефлекторной регуляции.

4. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ нормализует регуляцию сердечного ритма, прежде всего, со стороны вегетативной нервной системы, что указывает на уменьшение степени централизации управления сердечным ритмом.

5. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ имеет выраженный эффект последействия, о чем свидетельствует увеличение интегральных показателей функционального состояния и снижение индекса напряженности на протяжение последующих 7-ми дней после окончания курса КВЧ-терапии.

Литература

1. *Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.* Особенности медико-биологического применнения миллиметровых волн. – М.:Радио и связь, 1991.– 168 с.
2. *Ефимов А.С., Ситько С.П.* Теория саногеногенеза (механизма лечебного эффекта) микроволновой резонансной терапии// Лікувальна справа.– 1993.– № 9.-С. 111-115.
3. *Гапеев А.Б., Чемерис Н.К.* Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных: Обзор. Ч.1. Особенности и основные гипотезы о механизмах биологического действия ЭМИ КВЧ // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. - Т.6, № 1. - С. 15-22.
4. *Чуян Е.Н., Темурьянц М.А., Московчук О.Б., Чирский Н.В., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Пономарева В.П.* Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003.– 448 с.
5. *Чуян Е.Н., Темурьянц М.А., Московчук О.Б., Чирский Н.В., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Пономарева В.П.* Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003.– 448 с.
6. *Repacholi M.H.* Low-level explosure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs// Bioelectromagnetics. – 1998. – №1. – P. 1-19.
7. *Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н.* Миллиметровые волны и живые системы. – М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2004. – 107 с.
8. *Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю.* Комплексный подход к оценке функционального состояния организма студентов. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2008. – Т. 21 (60), № 1.– С. 123-140.
9. *Смирнов К.Ю., Смирнов Ю.А.* Разработка и исследование методов математического моделирования и анализа биоэлектрических сигналов. – С-Пб, 2001. – 43 с.
10. *Ярилов С.В.* Физиологические аспекты новой информационной технологии анализа биоэлектрических сигналов и принципы технической реализации. – С-Пб, 2001. – 48 с.
11. Обоснование аппаратно-программмных методов, предназначенных для скрининг-диагностики внутренних заболеваний и для оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий в системе диспансеризации военнослужащих и пенсионеров МО. Отчет о научно-исследовательской работе. – СПб: ВМА, 2002. – 77 с.
12. *Баевский Р.М. Кирилов О.И.* Математический анализ сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
13. *Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинак М.М., Шустов Е.Б., Коваленко И.Ю., Давыденко В.Ю.* Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах. С-Пб, Рос. воен. мед. академ.– Физиология человека. – 2002. – Т 28, N 1. – С. 130-143
14. Вариабельность сердечного ритма. Теоретические аспекты и практическое применение// Материалы докладов международного симпозиума. – Ижевск, 1996. – 225 с.
15. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// Circulation. – 1996. – V.93. – P. 1043-1065.
16. *Гундерчук О. Н., Гришина В. В., Гладкова Т. С., Леванов В. М.* Опыт применения электромагнитного излучения миллиметрового диапазона при различных нозологических формах. // Вестник нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Серия «Биология». – 2001. – № 1.– С. 66-69.
17. *Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В.* Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004. – 440 с.
18. *Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р.* Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения: монография. – Симферополь: „ДИАЙПИ”, 2006. – 458 с.
19. *Дикке Г.Б.* Влияние электромагнитных волн миллиметрового диапазона на состояние

вегетативной нервной системы у женщин после ампутации матки // Миллиметровые волны в биологии и медицине.– 1999.–Т. 13, №1. – С.28-33.
20. *Поповченко Н.В.* К вопросу о роли вегетативной нервной системы в реализации лечебных эффектов микроволновой терапии / Тез. Докл. I Всесоюз. симпоз. «Фундаментальные прикладные аспекты применения ММ излучения в медицине».– Киев, 1989.– С. 294.

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ПІД ВПЛИВОМ НІЗКОЇНТЕНСИВНОГО ЕМВ НВЧ

Чуян О.М., Бирюкова О.А., Раваева М.Ю.

Стаття присвячена обґрунтуванню ефективності застосування нізкоїнтенсивного міліметрового випромінювання для корекції функціонального стану організму студентів-нормотоників. Встановлено, що курсова дія ЕМВ НВЧ достовірно підвищує значення показників функціонального достатку і знижує індекс напруги у студентів.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання украй високої частоти, функціональний стан, варіабельність ритму серця, кардіорітмограмма, індекс напруги, вегетативний тонус.

MODIFICATION OF INDICES OF HUMAN FUNCTIONAL STATE UNDER LOW-INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION OF VERY HIGH FREQUENCY

Chuyan E.N., Birjukova E.A., Ravaeva M.U.

Article is devoted to substantiation of efficiency of application electromagnetic radiation for correction of a functional state of students with normal sympathetic-vagal balance. The level of a functional state increase and index of a strain decrease under low-intensity EMV VLF effect is shown..

Key words: low-intensity electromagnetic radiation of very high frequency, functional state, index of a strain, heart rate variability, vegetative tone.